Science
Council
of Canada

Conseil des
sciences
du Canada

SECTORAL TECHNOLOGY
STRATEGY SERIES

No 13

The Canadian Consulting-Engineering Sector

SECTORAL TECHNOLOGY STRATEGY SERIES

NO. 13 THE CANADIAN CONSULTING-ENGINEERING SECTOR

Science Council of Canada
100 Metcalfe Street
Ottawa, Canada
K1P 5M1

Catalogue No. SS25-1/13-1992E
ISBN No. 0-662-19466-7
©Minister of Supply and Services, 1992

92-07647/

Contents

Highlights v
Background to the Sectoral Technology Strategy Series vii
Commentary on the Sectoral Technology Strategy Series and R&D Targets viii
List of Sectoral Technology Strategy Series Reports x
Acknowledgements xi

Introduction 1

Overview of the Global Consulting-Engineering Sector 2
- The Global Market and the Canadian Share 2
  - Global Market Trends 2
  - Global Competitive Forces 4
- The Global Sector 5
- R&D Investment and Strategies in the Global Sector 7
  - Technological Innovation 8
  - Technology Strategies 10

Overview of the Canadian Consulting-Engineering Sector 11
- The Canadian Market 11
- The Canadian Sector 11
- R&D Investment and Strategies in the Canadian Sector 14
  - Gore and Storrie 14
  - Fluor 15
  - SNC 15
  - Monenco 16
  - Associated Engineering 16

Opportunities and Growth Strategies for the Canadian Consulting-Engineering Sector 18
- Opportunities and Strategies 18
  - Differentiation Strategies 19
  - Market Opportunities 19
- Government Policies 20
- Canadian Corporate Strategies 21

Conclusion 22

Appendix: Framework for Technology Strategies 23

Notes 25

Tables and Figures

Table 1. Top 200 consulting-engineering firms (1989) 6
Table 2. Size profile of consulting-engineering firms in Canada (1987) 12

Figure 1. Total foreign billings of top 200 international design firms 3
Figure 2. Canadian consulting-engineering firms' distribution of foreign revenue by source of funding (1987) 3
Figure 3. Technology innovation strategy: internal and external dynamics of innovation 5
Figure 4. Growth in number of Canadian consulting-engineering firms (1978-1987) 8
Figure 5. Schematic representation of price cutting 9
Figure 6. Comparison of growth indices for national capital expenditures and consulting-engineering billings and employment (1982-1988) 12
Figure 7. Percentage of total revenue earned on foreign projects for small, medium-sized, and large Canadian consulting-engineering firms (1978-1987) 13
Figure 8. Canadian export and domestic sales by sector (1988) 13

Highlights

- The annual global market for consulting engineering is growing at about the same pace as the global economy.

- U.S. and British firms dominate the international consulting-engineering sector. A firm's accumulated expertise, gained in home markets, is the basis for success in the international marketplace.

- Opportunities are increasingly expected in turnkey projects (design, procurement, and construction) and those requiring equity participation.

- The Canadian consulting-engineering sector is made up of several thousand small firms (each with fewer than 20 employees), approximately 300 medium and large firms (with up to 250 employees), and three giants (each with more than 1000 employees). It employs about 15 per cent of Canada's engineers.

- The sector is generally profitable, although, on balance, profits are not very high, and there is often extreme competition for contracts, sometimes leading to destructive price cutting by Canadian firms. Factors leading to price cutting include customer preferences for low-cost, design-only contracts, cyclical demands, and low barriers to entry.

- The consulting-engineering sector tends to suffer from cyclical upswings and downswings that affect its long-run stability, its capability to innovate, and its ability to ensure it is 'state of the art.'

- Strong price competition tends to inhibit the sector's technological innovation, which is achieved in four primary ways: through automation, project management and construction techniques, technological expertise, and proprietary processes.

- The few consulting-engineering firms that spend money on 'qualifying' R&D (R&D to upgrade or enhance the total quality of a consulting-engineering firm's own services) do so aggressively, in the range of 7 to 12 per cent of sales in the 1980s.

- There is no accepted set of internationally comparable statistics for R&D in the sector. Usually any R&D statistics for this sector refer to contract R&D carried out on behalf of other industries, as distinct from the R&D carried out to enhance the sector's own capabilities.

- At present, the U.S. and British consulting-engineering sectors constitute Canada's principal competitors, but new rivals in Japan and the newly industrializing countries, such as Korea, are emerging.

- The Canadian sector does have noteworthy success with export contracts. In fact, Canada seems to relatively outperform its U.S. and British rivals in this regard. But Canadian government programs, such as Canada's international aid to developing countries, seem to play a disproportionately large role in bringing about this success.

- The growth in overall revenue of the Canadian sector is not quite keeping up with the growth in overall Canadian capital expenditures.

- The Canadian sector is world-class in many engineering subsectors. In such fields as hydroelectric power development, forestry development, municipal waste and water management, oil and gas development, and geophysical exploration, Canadian firms are highly competitive. But in other fields, such as advanced manufacturing techniques, the Canadian capability is much weaker.

- The Canadian consulting-engineering sector has very positive prospects. These include further expansion of offshore work, particularly in developing countries, and, quite possibly, in what was formerly the Soviet Union. Closer to home, development of strong computer-assisted design (CAD) and manufacturing/engineering functions (CAM/CAE) would be of value to the North American automotive, aerospace, chemical, banking, and other industries. It would be desirable for the sector to take a more active role in searching out new fields of expertise that could be turned into profitable contracts.

- A key feature for future growth would be the development of a stronger multidisciplinary capability in Canadian firms, incorporating traditional scientific and engineering expertise as well as capabilities in such areas as economics, accounting, finance, marketing, and even advertising. At present, the small size of many Canadian firms works against the acquisition of such multirole capabilities.

- Because the Canadian economy has distinct limitations in indigenous domestic suppliers (for example, in machinery), the consulting-engineering sector can market itself internationally as a 'neutral' adviser, and, hence, offer high credibility. However, such a role requires in-depth knowledge of state-of-the-art global engineering, and increasingly strong internal education and related R&D.

- Governments at all levels can play useful roles in the sector's development by providing technology intelligence, assisting with international marketing of the sector, structuring major procurements to obtain maximum strategic leverage, and continuing to contract out as much as possible.

- For their own self-interest, Canadian-based corporations other than those in the consulting-engineering sector might consider how their own procurements and opportunities to contract out could strengthen the Canadian consulting-engineering sector, and make it more valuable to themselves in the long run.

Background to the Sectoral Technology Strategy Series

In the emerging "new" economy of the 1990s, successful high-value businesses in advanced nations are being driven by innovation, propelled by spending on new products and processes. Their business strategies centre increasingly on specialized knowledge and skill in finding the right "fit" between their unique blend of core technologies and particular markets.

Where does Canada stand in this rapidly evolving new environment of changing linkages and relationships? The poor innovative capacity of Canadian industry has long been a concern of the Science Council of Canada, going back to its 1971 report *Innovation in a Cold Climate*. The Council re-emphasized this concern in 1988. It focused its attention on the potential for action at a sectoral level in its statement *A Sectoral Approach to Innovation*. It argued:

> There is growing recognition by industry and government in Canada of the key role played by technology and R&D in domestic and international competition. The Science Council considers that it is primarily the responsibility of industries to raise the degree of domestic technological sophistication and the level of R&D. Nevertheless, governments can help business to sustain long-term competitiveness both by building partnerships with individual firms and by generating consensus on the formulation of innovation strategies for the various industrial sectors. The intent is not for government to tell business what to do, but to facilitate business cooperation in a process of self-help. The process of building consensus on a strategy for a particular sector will involve close and on-going consultation with industries about the current role of technology and R&D in the sector, the opportunities foreseen, and the nature of the sources, stimuli, and forms of technological innovation. Obviously, to be successful, separate innovation strategies will be needed for each sector. The Science Council hopes that the process of building consensus will generate commitment and collective will concerning priorities, areas for cooperation, and agenda for action.

This statement proved to be an important step in the path that subsequently led the Council to undertake a major Sectoral Technology Strategy project.

In 1989, Industry, Science and Technology Canada, at a time of heightened concern for the state of Canadian competitiveness and serious questioning about the low level of Canada's gross expenditures on research and development as measured against other advanced countries, agreed to provide the main funding for this project. It also stipulated the selection of sectors on which it would like the project to focus.

Each report in this Sectoral Technology Strategy Series draws in part upon analyses commissioned by the Science Council of Canada from contractors, designed to reveal the key dynamics driving technological innovation in the sector and influencing company technology strategies. Each report has also benefited considerably from the comments and advice submitted by the many external reviewers from business, universities, and government, who are recognized in the Acknowledgements.

Commentary on the Sectoral Technology Strategy Series and R&D Targets

The Sectoral Technology Strategy Series has analysed 15 Canadian sectors. On the basis of this experience, the Science Council of Canada makes the following points with regard to Canadian R&D performance and the issue of setting sectoral R&D targets.

- Canadian firms, when grouped by sectors, generally perform much less R&D than their trade competitors. Using the indicator of R&D as a percentage of sales, Canadian firms undertake R&D at a rate about one-third to one-half the rate of their leading international sectoral competitors. The notable exception among those sectors analysed is telecommunications.

- In some product lines or specific technologies certain absolute threshold levels of R&D and capital investment must be reached if the effort is to be considered to have a chance of making a commercial payback. High thresholds are apparent in some parts of sectors such as telecommunications (central office switches), automotive parts ("Tier 1" supplier status), oil and gas (reformulated gasoline standards by refineries), and electronics (integrated circuit foundry). Such absolute thresholds cannot be clearly expressed as a percentage of sales.

- The reasons for the lower level of R&D spending by firms in most of the 15 Canadian sectors are: choice of business and technology strategy (which, in part, leave Canadian companies as essentially non-participants in many higher value-adding segments); the relatively small size of Canadian firms; the high absolute thresholds of R&D expenditure required to be a meaningful player, especially for innovative technology strategies; and the degree of foreign ownership of Canadian firms (especially important in the case of the automotive vehicles and parts sectors).

- The lack of R&D relative to other countries affects Canadian competitiveness, but it is only one of many factors, such as capital and labour costs, quality design, good marketing, and management, that interact to affect overall competitiveness. Nevertheless, the contribution of R&D, or more precisely, technology-based innovation, is becoming more pronounced throughout the global economy and Canada continues to fall behind. The low level of R&D is especially detrimental to the capacity of Canadian resource-based sectors to compete with higher-value, differentiated products, leaving them vulnerable to adverse shifts in costs beyond their control, such as a higher exchange rate.

- Major potential does exist for Canadian industry to make additional R&D investments. However, fulfilling this potential depends heavily on the vision and capability of management to make strategic use of technology, to speed the firms' innovation process, to work more closely with suppliers and "demanding customers" all the way to the end of the product chain, and to build core capabilities in incremental innovation and R&D. Canadian firms have not yet fully grasped the implications of the emerging new "lean enterprise" or "agile producer" strategy. To follow this new strategy involves seeking to offer maximum value to customers. It requires integrating the skills base of a knowledgeable workforce with flexible management structures that stimulate cooperative initiatives within and between firms to match customer needs.

- The dominant technology strategies being followed by Canadian firms in these sectors are of adopt and adapt. Innovation technology strategies are not very extensive (telecommunications is again an example) and hardly any firms focus on breakthrough strategies to enhance competitiveness. Overall, these 15 sectors show little attempt at diversification out of existing product lines as opposed to making such products more efficiently.

- Governments can set sectoral R&D targets in the hope of stimulating enhanced industrial performance, shifts in business strategy, and greater commitment by the private sector to R&D. However, private sector R&D is only meaningfully undertaken in conjunction with a full complement of associated private and public sector actions ranging from improved design and production to finance and marketing. Doing more R&D will not be productive unless linked to a broader corporate technology strategy that is carefully designed to support the firm's business objectives. Otherwise, the corporation cannot, and will not, marshal the complementary investments required to reap the benefits of the R&D. It is the firm that must commit R&D resources.

- Setting sectoral R&D targets becomes more difficult as the boundaries between sectors are breaking down, through technological advances, regulatory change, and firm restructuring. Larger and more diversified firms that dominate modern industrial R&D perform R&D that might be allocated to any of several sectors. Examples include the textiles and materials R&D performed by large Japanese steel firms, the electronics R&D by automotive-vehicle firms, and the software R&D by telecommunications firms. Canadian governments have quite correctly encouraged higher levels of industrial R&D in Canada. In view of the rapid pace of scientific advances and technological change, plus the role of system interdependencies and synergies between technologies, setting R&D targets does not appear to be a task warranting the intensive effort, cooperation, and, ultimately, commitment that would be required by federal and provincial governments and private sector organizations.

List of Sectoral Technology Strategy Series Reports

No. 1	The Canadian Telecommunications Sector
No. 2	The Canadian Automotive-Parts Sector
No. 3	The Canadian Iron and Steel Sector
No. 4	The Canadian Automotive-Vehicle Sector
No. 5	The Canadian Oil and Gas Sector
No. 6	The Canadian Petrochemicals and Resins Sector
No. 7	The Canadian Banking Sector
No. 8	The Canadian Nonferrous-Metals Sector
No. 9	The Canadian Forest-Products Sector
No. 10	The Canadian Machinery Sector
No. 11	The Canadian Food and Beverage Sector
No. 12	The Canadian Electric-Power Sector
No. 13	The Canadian Consulting-Engineering Sector
No. 14	The Canadian Electronics Sector
No. 15	The Canadian Computer Software and Services Sector

Acknowledgements

The Science Council of Canada is pleased to acknowledge the assistance of the following people and organizations who contributed information and advice in the preparation of the report: Canada Consulting Cresap, Toronto; Bill Eadie, Association of Consulting Engineers of Canada, Edmonton; George Robertson, Robertson Nickerson Canada Ltd., Ottawa; A. H. Stretch, Monenco, Calgary; Ron Thomas, Ottawa; Jorg Niosi, CREDIT, Montreal; and Max Smith, Industry, Science and Technology Canada, Ottawa.

The views and conclusions in this report are strictly those of the Science Council of Canada and do not necessarily represent those of any other individual or organization.

The members of the Science Council of Canada committee directing the project were:

John Roth, President, Wireless Systems, Northern Telecom (committee chairman until February 1991)
Simon J.S.W. Curry, Manager, System Level Modelling, Bell-Northern Research Ltd. (committee chairman since February 1991)
Morrell Bachynski, President, MPB Technologies Inc.
Richard Bolton, Directeur général, Centre canadien de fusion magnétique, Institut de recherche d'Hydro-Québec
*Richard Dillon, Principal, Alafin Consultants Ltd.
Gerry B. Dyer, Director — Research, Du Pont Canada Inc.
J. Barry French, Professor, Institute for Aerospace Studies, University of Toronto
James Gilmour, Director of Policy Analysis, Science Council of Canada (ex officio)
Gordon Gow, President and Chief Executive Officer, Ontario International Corporation
Janet Halliwell, Chairman, Science Council of Canada (since August 1990; ex officio)
Geraldine Kenney-Wallace, Chairman, Science Council of Canada (until July 1990; ex officio)
Bernard M. Leduc, Chef de la direction scientifique et directeur régional, Wyeth-Ayerst Research — Canada
Guy P.F. Steed, Director of Programs, Science Council of Canada (ex officio)
Andrew J. Szonyi, President, Canadian Resource Management Ltd.
Graham Taylor, Director, Technology Innovation and Diffusion, Industry, Science and Technology Canada
Hugh Wynne-Edwards, President, Terracy Corporation

* Committee liaison person for the consulting-engineering sector report.

The project staff was:

Rick Clayton, Project Officer and member of the project committee, Science Council of Canada

Introduction

Canada has an advanced and aggressive consulting-engineering sector — one that is predominantly Canadian-owned and largely oriented to the development and construction of capital projects, particularly infrastructural and resource-development projects. Several medium-sized and large Canadian consulting-engineering firms compete internationally, providing consulting and management services for foreign capital projects. Although the sector performs some R&D, it focuses mainly on innovative engineering, converting existing technology and knowledge into practical solutions to problems.

The main objectives of this report are to review the technology strategies of the leading Canadian consulting-engineering firms and to compare the leading Canadian sector's R&D performance with that of its main trade competitors, outlining the major reasons for any differences, and how these differences affect Canada's competitiveness.

Overview of the Global Consulting-Engineering Sector

The Global Market and the Canadian Share

Consulting engineering is increasingly an international activity, and Canadian participation in this marketplace is strong. The annual global market (the market obtained by foreign firms in other countries) constitutes approximately $5 billion for 'design-only' firms, and $100 billion for contractors, including 'design-build' contractors.[1] Although Canadian consulting engineers have not competed much in the design-build subsector, they regularly obtain about 8 per cent of the total international design market.[2] Canada's market share, roughly equivalent to that of French or German firms, is exceeded only by that of the U.S and British firms, the dominant international competitors.[3]

Worldwide consulting engineering, although cyclical, is gradually expanding. During the 1980s the total foreign billings of the top 200 international design firms grew at a compound annual rate of 4.9 per cent[4] (Figure 1), reaching U.S.$7.4 billion in 1989.[5] On balance, these figures suggest that the annual market growth for consulting engineering roughly parallels that of the overall global economy — a respectable, but not an especially high, sectoral growth rate.

As for Canada, its consulting-engineering firms' foreign billings have recently been $450 million annually, or about 12 per cent of the firms' total billings.[6] Today, their largest export markets are the United States, Africa, and Asia, having shifted dramatically during the 1980s — from South America, Africa, and the Middle East, to Asia. Compare, for example, the upward shift in Canadian consulting-engineering firms' Asian billings as a percentage of their foreign revenues (12 per cent in 1982 to 54 per cent in 1987),[7] with the downward shift in percentages during those two same years in South America (15 per cent to 6 per cent), Africa (22 per cent to 16 per cent), and the Middle East (14 per cent to 1 per cent). The downward shift in the Canadian firms' U.S. billings (from 20 per cent to 17 per cent) was slight in comparison.[8]

Canadian government foreign-aid loans to less-developed countries fund a major portion of the foreign revenues of Canadian consulting-engineering firms. In 1987, for instance, projects funded by the Canadian International Development Agency (CIDA) and the Canadian Export Development Corporation (EDC) provided more than 46 per cent of the total foreign revenue earned by Canadian firms[9] (see Figure 2). In fact, about one-third of all Canadian consulting-engineering foreign revenues come from Canada's international aid effort.

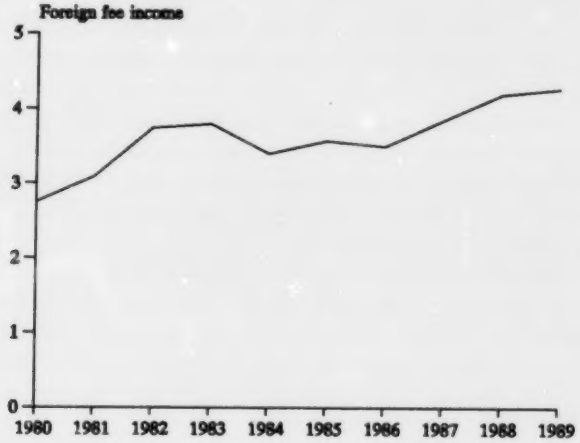
Despite Canada's current strong position in international markets, however, growing competition, advancing global technology, and increasingly nationalistic or regional trade policies could reduce Canada's competitiveness in the future.

Global Market Trends

As the developing countries increasingly learn to handle conventional consulting-engineering services for themselves, the international market for such services has been diminishing. Specialized skills and project management expertise, however, are still in demand. In addition, turnkey (design, procurement, and construction) projects and those requiring equity participation are expected to increase.

Fewer megaprojects are expected in the coming years as well.[10] After three decades of development, many large infrastructure and industrial projects in the Third World are already in place. Although a resumption of economic growth will certainly generate new opportunities, they will likely be on a smaller scale than those of the past, particularly if real interest rates continue to rise. The

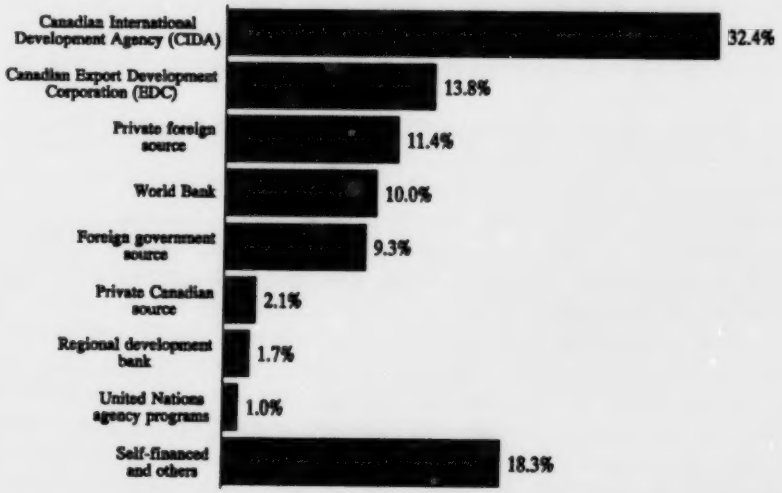
Figure 1. Total foreign billings of top 200 international design firms (U.S.$ billions)



Source: Engineering News — Record and OECD Technical Engineering Services 1990 as analysed by Canada Consulting Cresap in *Consulting Engineering*, report (unpublished) to Science Council of Canada.

Note: Compound annual growth rate is 4.9%.

Figure 2. Canadian consulting-engineering firms' distribution of foreign revenue by source of funding (1987)



Source: Statistics Canada, Catalogue 63-015, vol. 2, no.1; as analysed by Canada Consulting Cresap in *Consulting Engineering*, report (unpublished) to Science Council of Canada.

Note: Total 1987 foreign revenue was C$445 million.

relative demise of megaprojects could, however, render small- and medium-sized firms more competitive in the global marketplace.

In the petrochemical and refining sectors (Canada's largest fields of consulting-engineering expertise[11]), overcapacity in commodity products is encouraging a move toward value-added specialty chemicals, the production of which is likely to occur in specialized smaller plants rather than in huge commodity refineries. (See Science Council of Canada Sectoral Technology Strategy Series, No. 6: *The Canadian Petrochemicals and Resins Sector.*) But a similar shift to smaller-scale production facilities is also prevalent in those industries that trade off economies of scale for increased production flexibility. In addition, changes in agricultural and other resource-based industries are diminishing the likelihood of additional development of megaprojects.

In the 1990s, the demand for engineering services will be driven strongly by political and economic developments in various parts of the world. Many factors are likely to shape this sector, including increased industrialization in such Asian countries as Malaysia, Thailand, Indonesia, Singapore, and Korea, as well as in Hong Kong; infrastructure projects in Eastern Europe; and environmental cleanup projects in Europe and North America. In addition, opportunities in other Third World countries could well decrease.

For Canadian firms, one major potential growth market could be in the territory formerly known as the Soviet Union. The major changes and restructuring currently under way there and in Eastern Europe could substantially redirect production efforts from the military to the civilian sectors. This region — especially the former U.S.S.R. — may need to enhance exports of commodities to earn the necessary hard currency with which to purchase vital imports such as food. Canadian engineers — with their in-depth experience in hydroelectric power development, geophysical exploration, and oil and gas and petrochemicals development, as well as in mining and agriculture — could be well placed to exploit this sort of development in what is now called the Commonwealth of Independent States.

Global Competitive Forces

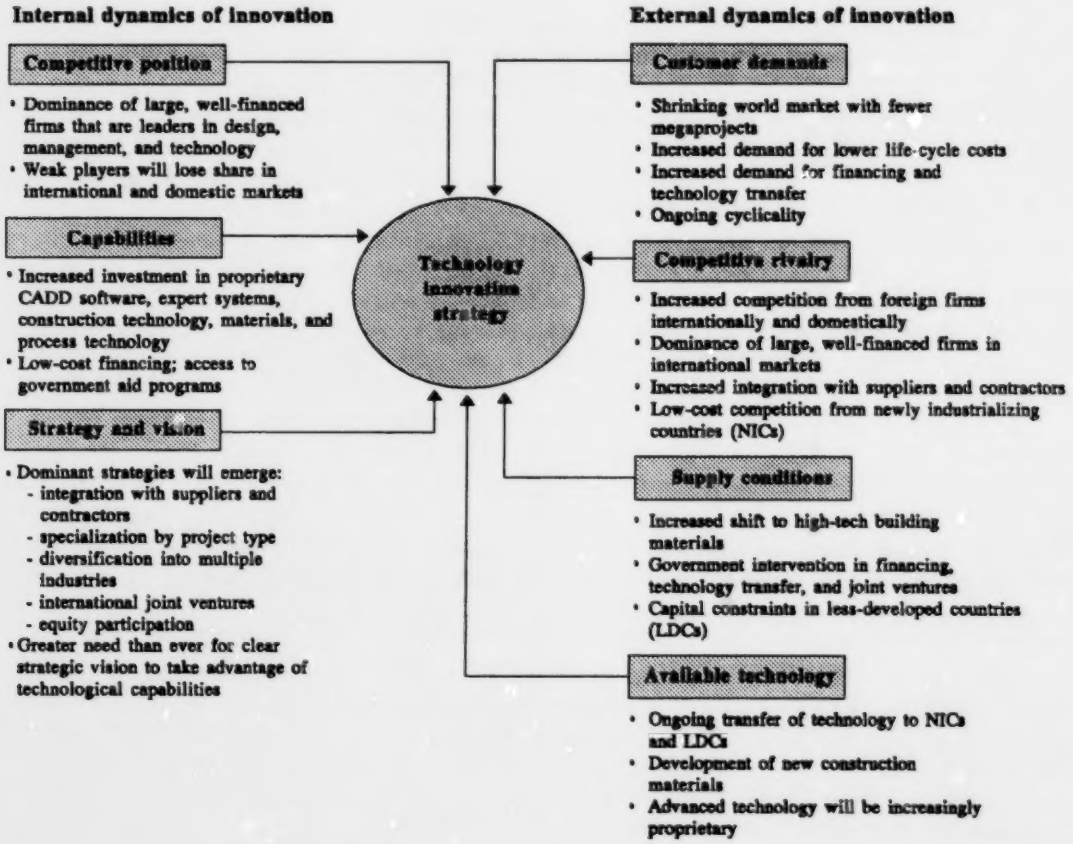
During the 1990s, global competition in the consulting-engineering sector will be driven by downward cost pressures, accessibility to financing, and, increasingly, by technological capabilities. Figure 3 summarizes the internal and external dynamics likely to affect the sector's technology innovation strategies.

More and more, governments will dictate the conditions under which foreign-owned engineering firms do business within their borders. Issues such as the degree of involvement of local personnel, transfer of technology, and financing are usually part of any such agreements. A major implication of this reality is the necessity for successful consulting-engineering firms to view project requirements within the context of their clients' total needs. No longer will it be sufficient simply to offer engineering solutions to specific projects; instead, companies will need to assess and develop the economic, political, financial, accounting, and even aesthetic considerations governing the outcome of any project. It thus becomes highly desirable for these firms to have a multidisciplinary expertise.

Having developed their own engineering and construction capabilities, many emerging nations now depend less on foreign expertise than was once the case. Moreover, some countries — notably Korea and India — have become major exporters of engineering services. Because of their low-cost position, these countries can deliver off-the-shelf solutions more cheaply than their Canadian counterparts. As a result, Canadian firms are usually competitive only in special circumstances: when projects are too demanding, technically, for the local firms, or when the Canadian firm can provide specialized skills or attractive financing packages.

Still another trend is for global consulting-engineering firms to set up foreign subsidiaries. Today's improved information technology (faxes, computer networks, more sophisticated telecommunications networks) permits consulting-engineering firms to use lower-wage countries as job

Figure 3. Technology innovation strategy: internal and external dynamics of innovation


Internal dynamics of innovation
Competitive position
• Dominance of large, well-financed firms that are leaders in design, management, and technology
• Weak players will lose share in international and domestic markets
Capabilities
• Increased investment in proprietary CADD software, expert systems, construction technology, materials, and process technology
• Low-cost financing; access to government aid programs
Strategy and vision
• Dominant strategies will emerge:
- integration with suppliers and contractors
- specialization by project type
- diversification into multiple industries
- international joint ventures
- equity participation
• Greater need than ever for clear strategic vision to take advantage of technological capabilities
Technology innovation strategy
External dynamics of innovation
Customer demands
• Shrinking world market with fewer megaprojects
• Increased demand for lower life-cycle costs
• Increased demand for financing and technology transfer
• Ongoing cyclicality
Competitive rivalry
• Increased competition from foreign firms internationally and domestically
• Dominance of large, well-financed firms in international markets
• Increased integration with suppliers and contractors
• Low-cost competition from newly industrializing countries (NICs)
Supply conditions
• Increased shift to high-tech building materials
• Government intervention in financing, technology transfer, and joint ventures
• Capital constraints in less-developed countries (LDCs)
Available technology
• Ongoing transfer of technology to NICs and LDCs
• Development of new construction materials
• Advanced technology will be increasingly proprietary

shops for schematic entry-and-design detailing. Such global firms not only gain from their own domestic expertise, they capitalize, as well, from their on-site opportunities.

With increased competition from countries with highly skilled yet low-wage workers, a company's ability to transfer technology becomes a much more critical selling point. Indeed, firms that develop expertise in technology transfer will be able to differentiate themselves from lower-cost competitors. Technology transfer, in fact, will increasingly emerge as a key criteria in the future awarding of international contracts.

The Global Sector

The United States and Britain dominate the international consulting-engineering sector. By way of comparison, in 1988 U.S. firms earned more than $3 billion in export revenues, while British firms earned more than $1 billion.[12] Nevertheless, Canadian firms maintained a strong export position, with 11 firms in the top 200 exporters earning $594 million in export revenues[13] (see Table 1). Relative to the size of its domestic economy, Canada would seem to be a leader in consulting-engineering exports.

Table 1. Top 200 consulting-engineering firms (1989)

Country	Number of firms in top 200 exporters	Export revenue (U.S.$ millions)
United States	67	3 228
Britain	19	1 182
Canada	11	594
Netherlands	11	471
Germany	19	452
France	10	323
Japan	14	257
Italy	11	121
All others	38	792
Total	200	7 420

Source: Engineering News-Record, 2 August 1990; as analysed by Canada Consulting Cresap in *Consulting Engineering*, report (unpublished) to Science Council of Canada.

The basis for success in international markets is the accumulated expertise gained by firms in their home market. For example, whereas Canadian firms are international leaders in pulp-and-paper mills,[14] U.S. firms lead in offshore drilling and integrated computer applications.[15] The Europeans, in contrast, lead in the technology of concrete-making, although the Japanese are testing more advanced methods, such as automated booms for pouring, spreading, and finishing concrete. In fact, both Japanese and European firms are working to automate the highly labour-intensive task of cutting, bending, and installing reinforcing bars and cables. In fabricated steel structures, U.S. firms remain at the forefront, although the Japanese have been making considerable progress in automation. Similarly, Japanese firms have spent heavily on R&D to automate earth-moving equipment, seeking to win sales from Caterpillar, the giant U.S. firm.

It is apparent that the consulting-engineering sector, internationally, is in transition. Firms will have to adapt their operations, both to incorporate new technologies and to satisfy changing customer expectations. To meet these market conditions, three types of consulting operations are expected to dominate in the future:

- *large multidisciplinary consulting practices*, that are capable of initiating major project proposals and offering a complete range of services, such as financial services (including taking equity as part of compensation), construction management, and operations management;
- *small traditional firms*, that essentially serve the domestic market, especially the public sector; and
- *specialized firms*, that concentrate on particular fields or activities and sometimes become involved as part of joint ventures or consortia.

R&D Investment and Strategies in the Global Sector

Unfortunately, there are strong forces inhibiting innovation in consulting engineering. To illustrate, take the phenomenon of the sector's intense price competition. Inevitably, the result is price cutting, which reduces a firm's capability and incentive to invest in innovation.

This price cutting within the sector is prevalent because of three major forces: the customers' preference for low-cost, design-only contracts, the cyclical demand inherent to this sector, and the sector's low barriers to entry during the economy's down cycles.

First, a focus on low-cost, design-only contracts reduces a firm's ability to differentiate itself from competitors, whether by using design and construction management procedures, turnkey operations, or design-build-operate-transfer options. It means that a consulting engineer is less likely either to propose innovative construction techniques or to recommend innovative equipment purchases, because the benefits will be reaped by the unrelated company doing the construction work. Moreover, the practice of awarding contracts based on lowest cost reinforces the focus on price rather than innovative design, which, in turn, further encourages price cutting.

The phenomenon of separate design and construction contracts is largely driven by governments — federal, provincial, and municipal. For example, in their drive to 'spread the money around', often for reasons related to regional development, governments tend to split contracts, making it difficult for individual firms to generate economies of scale. In effect, although separate design-bid-build contracts provide governments with more control over each phase of the project, they remove incentives to move toward an approach that minimizes overall project design, construction, and operating costs.

Second, price cutting is also prevalent during downturns in the economy. The cyclical demand for consulting engineering is directly related to the cyclical demand for capital projects. Capital projects, in turn, follow business cycles, directly affecting the demand for consulting engineering. Consulting firms tend to hire during up cycles and lay off during down cycles.

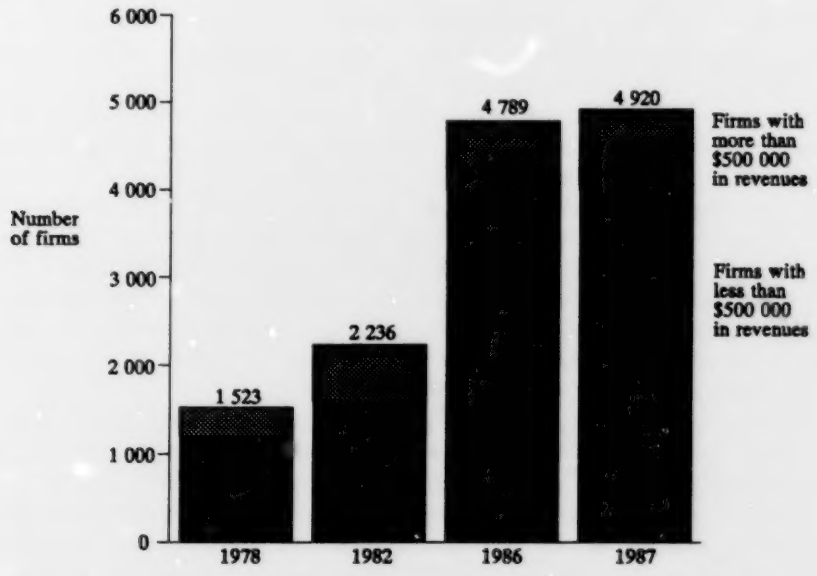
Third, because the barriers to entry during these downturns are low, laid-off engineers are able to establish new small firms during these periods, which further fragments the sector[16] (Figure 4). Even the bigger firms tend to open local offices with few employees during these downturns.[17]

The increased number of small firms force cuts in billing rates, thereby eroding profits. As a result, these firms are less able to invest in new technology and fund growth; also, the quality of their work may suffer[18] (see Figure 5). In the extreme, such severe competition can lead to what has been termed 'the winner's curse', a situation in which the winner of a competitively bid project bids below cost. Subsequently, the winner may well go bankrupt or be tempted to perform substandard work.

More advanced bidding techniques could be one way of solving the problem of the winner's curse. For example, the contract could be awarded to the second-lowest bidder or to the firm closest to the average bid, both of which would force the bids to converge around the most realistic price. These methods, however, still do not solve the problem of determining how to award a contract to the firm with the best design; that is, the design with the lowest overall construction and life-cycle costs.

Notwithstanding these forces that impede innovation, advances in global technology are so substantial today that many firms are being forced to adopt innovative new methods to remain competitive.

Figure 4. Growth in number of Canadian consulting-engineering firms (1978-1987)



Source: Canada Consulting Cresap analysis of Statistics Canada, Catalogue 63-537 for years 1978, 1982, 1986, and 1987; in Canada Consulting Cresap *Consulting Engineering*, report (unpublished) to Science Council of Canada.

Note: Before 1986, firms with zero employees (partnerships and professional self-employed engineers) were not included in the Statistics Canada survey of engineering firms. Because of this change in methodology from that used in the 1982 survey, the firm counts for 1982 and 1986 are not directly comparable. However, the results indicate a major increase nevertheless in the number of firms between 1982 and 1986.

Technological Innovation

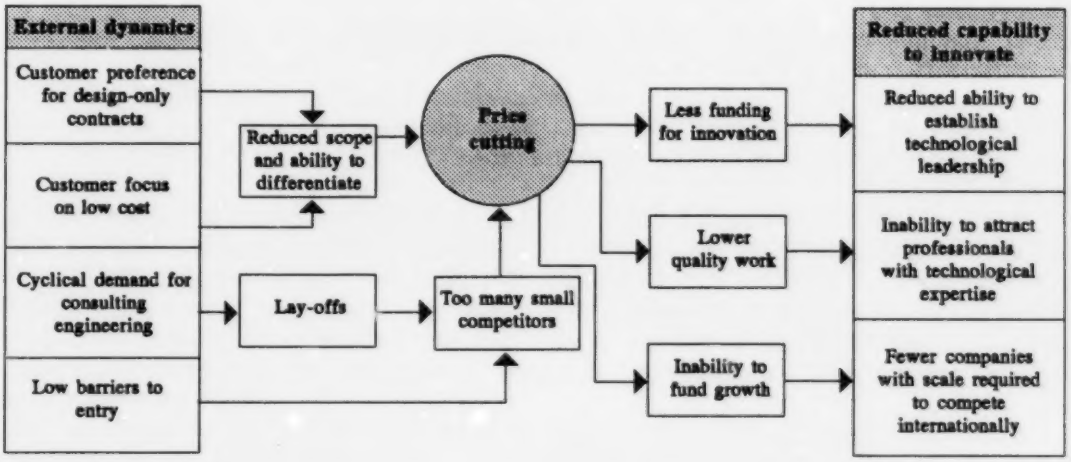
Consulting-engineering firms have sought to create value for their customers through innovation — by reducing design, construction, and operating costs, and by improving quality. They introduce technological innovation in four primary ways: through automation, project management and construction techniques, technological expertise, and proprietary processes.

Automation is a primary way of reducing design costs. In recent years, several innovations have been introduced by large firms in the sector. These include:

- proprietary computer-aided design and drafting (CADD) software systems (usually adapted from available packages), which, compared with manual drafting methods, have at least tripled productivity;
- interactive CADD systems, with software that maintains an on-line database and automatically issues change notices, revised drawings, and updated bills of materials;
- computer-assisted engineering design systems, which calculate elements such as structural analysis, foundations design, slope stability, and earthquake resistance; and

- systems that tie CADD systems directly into construction software for estimating, project scheduling, cost control, and materials tracking.

Figure 5. Schematic representation of price cutting


External dynamics
Customer preference for design-only contracts
Customer focus on low cost
Cyclical demand for consulting engineering
Low barriers to entry
Reduced scope and ability to differentiate
Lay-offs
Price cutting
Too many small competitors
Less funding for innovation
Lower quality work
Inability to fund growth
Reduced capability to innovate
Reduced ability to establish technological leadership
Inability to attract professionals with technological expertise
Fewer companies with scale required to compete internationally

Source: Canada Consulting Cresap, *Consulting Engineering*, report (unpublished) to Science Council of Canada.

Note: There are niches, such as large complex projects, where competition is more limited and experience gained from previous work reduces price cutting and permits opportunities for firms to benefit from technological innovation.

Project management innovations and proprietary construction techniques can be a way of reducing construction costs. Currently, most companies work with several independent databases, moving control from one to the other during successive stages in design and fabrication. Emerging computer-based construction management systems that integrate these databases have the potential to smooth the flow of work, improve productivity, and cut costs. On certain large projects, for instance, workers may be idle for as much as two-thirds of the time, waiting for the materials or tools to do their next task. Analysts expect that integrated databases needed to overcome this problem will be developed and applied over the next 10 to 15 years for tasks such as piping and electrical wiring, common components of complex construction projects.

Superior technological expertise is a third area of innovation. It is a way of reducing operating costs. Most successful design firms have developed expertise that enables them not only to design new plants more efficiently, but also to make many incremental improvements over previous designs. Customers, in turn, are willing to pay a premium for both the assurance of a trouble-free project and the promise of reduced operating costs through improved design.

Another area of innovation — proprietary processes — is a way of entering emerging or established markets. Proprietary processes come in two forms: improved processes, which lower design, construction, or operating costs; and new processes, which, by making the process

cost-effective for the first time, open up new markets. By developing proprietary process technology, firms may be able to insist on turnkey contracts, thereby avoiding the need for separate design and construction bids. Such turnkey contracts allow consulting-engineering firms to minimize overall project, rather than just design, costs.

Technology Strategies

In general, consulting-engineering companies pursue technology strategies that are strongly influenced by the characteristics of their domestic markets.

In Canada, the focus has primarily been on consulting-engineering design work and the development of technological expertise. In particular, large domestic capital projects in the hydro, oil and gas, and forest-products industries have created a strong foundation of related technological expertise.

However, Canada has found it difficult to develop diversified world-scale firms, and this has constrained its overall technological expertise. Its small domestic market, for example, relative to that of the United States, has hampered that development. Less emphasis has also been placed on developing proprietary products or innovative design, construction, and project management systems. As well, government's emphases on low-cost, design-only contracts have created many small- or medium-sized firms. Finally, interprovincial trade barriers have impeded the development of national firms.

In the United States, the size of the market, the diversity of projects, and the vast number of megaprojects have combined to foster the emergence of the world's largest consulting-engineering firms. These firms have the necessary scale to invest in integrated design, construction, project, and maintenance systems, as well as the financial resources to acquire technical expertise from reputable niche firms. The large number of firms, moreover, has forced companies to differentiate — to avoid being forced out of business or taken over by competitors. The U.S. consulting-engineering sector is supported by a relatively strong engineering education system, as well as by a sophisticated software sector that provides access to state-of-the-art knowledge for systems development.

In Japan, the focus is on the development of proprietary construction products and processes. Although Japanese firms currently have a relatively small presence in international markets, they have easy access to fast-growing Asian markets. Like the Americans, the Japanese are supported by a sophisticated software sector for systems development. Domestically, the Japanese have a major market for manufacturing facilities and high-rise buildings. The small size of the country and its scarcity of natural resources, however, have hampered the Japanese firms' ability to develop expertise in the road construction and resource industries.

Overview of the Canadian Consulting-Engineering Sector

The Canadian Market

The overall Canadian market for the consulting-engineering sector is currently worth about $3 billion. However, it is subject to cyclical swings in demand.[19] Canadian firms dominate the market; billings in Canada by foreign firms are negligible — about one per cent of the Canadian market.[20]

The growth in consulting-engineering work in Canada during the 1960s and 1970s was rapid, driven by the fast pace of Canadian economic development and numerous major projects. It has stalled, however, in recent years. Whereas the focus in the public sector has shifted to smaller projects and the upgrading of existing infrastructure, the emphasis in the private sector has moved away from the expansion of capacity, to the upgrading of existing facilities and the amelioration of production methods. Today, success in the domestic market depends largely on the sector's flexibility and the associated firms' willingness to shift operations from the design of capital projects to the maintenance and upgrading of existing facilities, as well as the improvement of production methods.

The Canadian Sector

On the domestic front, the Canadian consulting-engineering sector contributed $3.6 billion, or 0.6 per cent, in 1989 to the Canadian gross domestic product. Although the sector's growth since 1984, in terms of both revenue and employment, can be characterized as strong and steady that growth has lagged behind the overall growth in Canadian capital expenditures during that same period (Figure 6).

Relative to the international competition, the Canadian consulting-engineering sector is strong. Indeed, two Canadian firms were among the top 20 international design firms in 1989 — SNC-Lavalin (following the recent merger) ranked 4th in the world, while H.A. Simons ranked 12th, based on international billings for engineering design work. Other major Canadian exporters include Golden Associates (ranked 33rd in 1989), Monenco (ranked 72nd), Acres International (ranked 97th), and Tecsult (ranked 99th). Several of the largest U.S.-based companies have strong Canadian operations as well, in addition to world-service mandates, including ABB Lumus Crest (ranked 1st in the world), Bechtel Group (ranked 5th), Brown & Root (ranked 6th), and Fluor Daniel (ranked 8th).[21]

Industry concentration is low in Canada's consulting-engineering sector, but there is a handful of very large firms[22] (Table 2). Although foreign earnings continue to be important to the success of Canadian consulting-engineering firms, the contribution of export revenues of the country's medium- and small-sized firms is diminishing in importance[23] (Figure 7). Recently, however, the top Canadian firms have made impressive gains in export markets, accounting for 16 per cent of worldwide exports in 1988 as compared with 6 per cent in 1986.[24]

Canadian firms are strongest, internationally, in areas in which they have developed a certain domestic expertise. Together, these areas (oil and gas, forestry, power, transport, and mining) account for 77 per cent of total Canadian export sales. Strength in these areas corresponds to their strength in the domestic market, with the exception of the oil and gas sector — where Canadian expertise is not reflected in domestic sales, because of the relatively low levels of both domestic oil and gas expenditures in recent years and the relatively high level of foreign ownership (Figure 8).[25]

Table 2. Size profile of consulting-engineering firms in Canada (1987)

Characteristic	Mini	Small	Medium	Large	Very large
Approximate number of firms	3 568	1 070	228	50	3
Revenue per firm	<$250 000	$250 000 - $2 million	$2 - 10 million	$10+ million	$100+ million
Number of employees per firm	0 - 4	5 - 20	20 - 150	150+	1 000+
Export involvement	None	None	Some	Varies	High

Source: Canada Consulting Cresap estimates, Statistics Canada, Catalogue 63-015 for 1987; in Canada Consulting Cresap *Consulting Engineering*, report (unpublished) to Science Council of Canada.

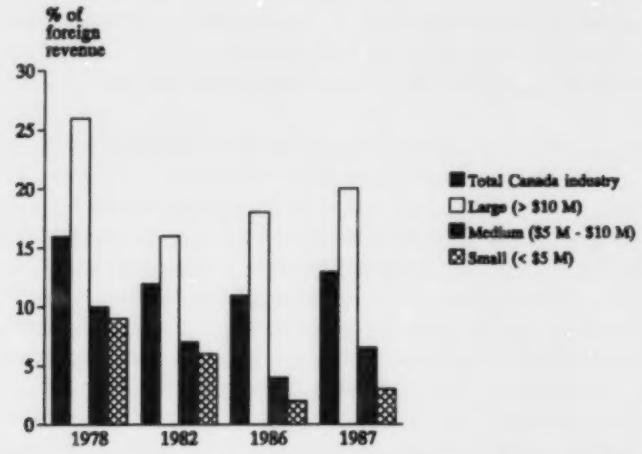
Note: The three very large firms are: SNC-Lavalin, H.A. Simons, and Monenco.

Figure 6. Comparison of growth indices for national capital expenditures and consulting-engineering billings and employment (1982-1988)

Source: Canada Consulting Cresap analysis of data from Statistics Canada, Catalogue 63-537 and ISTC Consulting Engineering Industry Profile; in Canada Consulting Cresap *Consulting Engineering*, report (unpublished) to Science Council of Canada.

Note: The revenue and employment data come from the Consulting Engineering Industry Profile and are similar to but different from the Statistics Canada data.

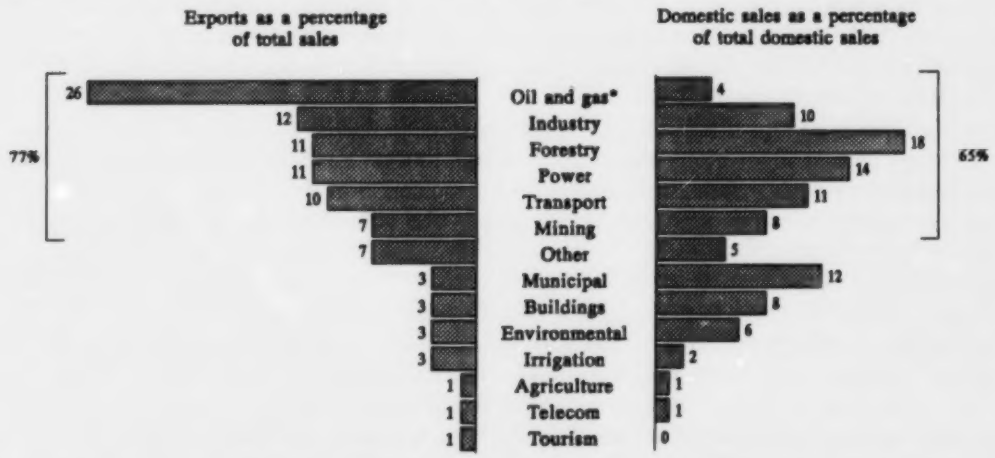
Figure 7. Percentage of total revenue earned on foreign projects for small, medium-sized and large Canadian consulting-engineering firms (1978-1987)



Source: Canada Consulting Cresap analysis of data from Statistics Canada, Catalogue 63-537 for 1978, 1982, and 1986; in Canada Consulting Cresap *Consulting Engineering*, report (unpublished) to Science Council of Canada.

Note: Foreign fee income does not include revenues earned by foreign subsidiaries of Canadian firms.

Figure 8. Canadian export and domestic sales by sector (1988)



Source: Canada Consulting Cresap analysis of data from ISTC Mini Export Survey for 1988; in Canada Consulting Cresap *Consulting Engineering*, report (unpublished) to Science Council of Canada.

* Canadian expertise in oil and gas is not reflected in domestic sales because of the relatively low level of domestic oil and gas expenditures in recent years combined with relatively high foreign ownership.

Compared with the level of expertise in these resource-development areas, Canadian expertise in advanced manufacturing techniques is relatively less well developed. This major structural weakness of the Canadian economy is reflected both by the high level of imports of machinery and equipment and the relatively few consulting-engineering firms with a manufacturing orientation.

R&D Investment and Strategies in the Canadian Sector

The few consulting-engineering firms that spend money on qualifying R&D (R&D to upgrade or enhance the total quality of a consulting-engineering firm's own services) have done so aggressively — in the range of 7 per cent to 12 per cent of sales during the mid-1980s.[26] No internationally comparable statistics are available, however, for other countries' R&D in this sector.

The Association of Consulting Engineers of Canada conducted a survey on R&D in 1986, to which 180 of its 805 member firms (22 per cent) responded. Of these, 115 firms were innovating at the time, 34 were past innovators, and 31 reported never having done any innovation.[27] The survey estimated that the total annual research effort in the Canadian sector involved 439 person-years and amounted to $32 million, 60 per cent of which was internally funded by the firms. Of that $32 million, 10 per cent was performed by giant firms (800 employees and more), 35 per cent by large firms (300 to 799 employees), 29 per cent by medium-sized firms (50 to 229), 19 per cent by small firms (10 to 49 employees), and 7 per cent by consulting practices (1 to 9 persons). On the other hand, consulting practices and small firms did more own-account R&D (10 per cent and 5 per cent, respectively) than did large firms and giant companies (less than 1 per cent).

Today's intense competition and the demands of sophisticated customers are creating situations in which only those firms that most aggressively pursue design cost-reduction and service differentiation will be able to survive, let alone grow. Indeed, because of competition from lower-wage countries, Canadian firms will have to automate design and project management. A 'thinkpiece' for the Consulting Engineers of Alberta suggests:

> Canada has a strong and diversified consulting engineering industry — some of our firms are the biggest and the best in the world — but too many firms seem to be imprisoned in a self-made low-tech ghetto. This is a fast track to extinction of a strategically important industry.[28]

In fact, the current dominant technology strategy of most Canadian consulting-engineering companies is to adapt process innovations and to adopt design tool improvements. (See Appendix for definition of technology strategies' framework analysis.) An indication of the various approaches and difficulties with corporate technology strategies is provided by the following five case studies.

Gore and Storrie

In 1989, Gore and Storrie,[29] a leader in the treatment of both waste water and drinking water, employed 450 people, generating revenues of $30 million. Although 85 per cent of the company's work is geared to municipal and provincial governments, Gore and Storrie has increased its private sector work from 5 per cent to 15 per cent of revenues in recent years.

In general, Gore and Storrie's R&D takes known processes and either modifies them or applies them as is to specific types of waste. The company spends about $1.5 million on noncustomer-financed R&D (0.5 per cent of revenues). However, in recent years, because of municipal and other governments' focus on low costs, Gore and Storrie's operating margins have been slashed — from the 15- to 20-per-cent to the 5- to 10-per-cent level. The squeeze on profits, in turn, has reduced the money available for investment in capital equipment and R&D, placing a major constraint on Gore and Storrie's growth.

The company pioneered a major breakthrough in waste-water treatment and energy recovery with its hybrid anaerobic (HYAN) process for treating high-strength industrial and municipal waste water. Design of the HYAN process followed six years of laboratory and pilot-scale studies, studies funded, either separately or jointly, by Environment Canada, the Ontario Ministry of the Environment, the Region of Peel, and Gore and Storrie. Despite having a patent on the process, Gore and Storrie was unable to keep its technology proprietary. As soon as its first installation was finished, competing consulting-engineering firms were at the site, reverse engineering the technology. As a result, the next hybrid anaerobic facility was built by a competitor.

Fluor

Fluor,[30] a U.S.-based company with a strong presence in Canada, is one of the largest engineering contractors in the world. Its projects in Canada are limited to industrial engineering and construction management, and it does no government work.

In a fiercely competitive field, Fluor offers value-added solutions by employing state-of-the-art technology, developing new processes, and working with machinery vendors to provide new solutions. Unlike many of its competitors, Fluor believes in sticking to what it does best — designing and managing large construction projects. Also unlike many of its competitors, Fluor strongly believes that its role is not to develop patentable processes or products; indeed, company officials say that a bias toward proprietary technology can prevent a company from providing the best possible solution to a customer's problem.

Fluor finds that it can still grow and remain focused on engineering and construction services by acquiring specialized engineering firms with a reputation for industry leadership. In one particularly ambitious project, Fluor invested millions of dollars to create 3D CAD software. Developed by Fluor in Europe, this software not only cuts plant construction costs by 10 per cent to 15 per cent, it also prevents many common design-phase errors by automatically detecting when two structures — a heating duct and support beam, for example — will interfere with each other. The company says the system will reduce interference errors by 80 per cent, resulting in lower construction costs. However, use of the 3D CAD system increases engineering costs by 3 per cent to 4 per cent. Fluor must therefore convince clients that the added upfront costs will be more than recovered in lower construction costs. Currently, Fluor is building the world's largest 3D CAD project: the Nestlé Oy methyl-tertiary-butyl-ether plant in Edmonton. Fluor estimates that its 3D CAD design will save that project $12 million to $15 million in construction costs.

SNC

SNC[31] is a public company with revenues of $350 million, split almost evenly between consulting engineering and contracting and defence-products manufacturing. Its consulting engineering includes hydro, thermal, municipal, and transportation projects. SNC plans to diversify within the consulting-engineering field to develop the economies of scale needed to support a worldwide network of offices. The company faces formidable competition from very large companies, such as Fluor and Bechtel, which have more than 10 times SNC's international billings.

SNC targets emerging markets, with the goal of positioning itself as a leader when the market matures. SNC locates promising research in process technologies, subsequently working with the process's developers to advance the technology through the prototype and pilot-production phases. Management at SNC believes that synergies result from participating in different industries and that diversification reduces risk.

The company concentrates on the development side of R&D for three reasons: SNC's experience with niche technology development is advantageous when bidding on pilot projects; SNC's development work keeps the company at the leading edge of trends within various industry subsectors;

and SNC's technology development generates internal expertise that the company can later apply to plant design.

SNC's success in the oil-from-sludge business is a case in point. Having realized early on the importance of the emerging market for environmentally benign technologies, SNC decided to patent processes that could be commercialized. Thinking that the oil-from-sludge process had a large potential market, SNC licensed the technology from the Waste Water Processing Centre of Environment Canada, which had developed the process from a German licence. With the help of funding from the federal government, SNC spent three years developing the technology and another two proving its viability. SNC is now building a plant in Metropolitan Toronto and has retained the patents to the process. Today, the potential market for the oil-from-sludge process is $600 million in Canada and $6 billion in the United States. The project demonstrates how process technology can be used both to differentiate a consulting-engineering firm and to help it emerge from the low-cost-bidding cycle.

In 1991, SNC plans to absorb integral elements of another major Canadian consulting-engineering firm, Lavalin. Lavalin's difficulties have included major cash-flow problems related to nonengineering investments and slow payments from a few foreign clients. With its vast scale of operations and important multidisciplinary capabilities, this new combination appears to be a formidable global competitor. The significance of the merger is that it will retain and further develop an integrated engineering capability in Canada.

Monenco

Monenco,[32] a public company, is a leader in technologies related to power, process industries, infrastructure, systems, and the environment. Since its inception as an international engineering firm, Monenco has branched out into information systems, waste management, major project management, construction-contracting procurement, and construction management.

The company has gained experience with emerging markets taking on partners in technology development projects. It also develops proprietary technologies in which it combines its software expertise, design and project management skills, and industry experience to develop unique solutions to complex systems and material management problems.

Monenco's Project Management System has been purchased by government agencies and major corporations. In addition, the company has developed custom software that reduces the time needed to process records from large databases, the first application of which was a material requirements' planning-and-purchasing system for manufacturers that cuts their update time. Monenco has also developed software to combine graphic and digital records in the Automated Mapping-Facilities Management (AM-FM) market, a project that has had some success in the U.S. market.

Monenco will continue to invest in new technology. Its objective is to become an acknowledged world leader in technology fields related to engineering, construction, project development and management, computer-based information systems, and the environment.

Associated Engineering

Associated Engineering[33] is a leader in water and waste-water treatment in Western Canada, where it holds a 25 per cent to 30 per cent market share. About 75 per cent of its projects are in British Columbia, Alberta, and Saskatchewan, although it is also active in Ontario and in international markets. Most of its clients are municipal governments, which tend to prefer low-cost, proven solutions.

Two years ago, Associated Engineering reviewed its operations and concluded that its size, area of expertise, reputation with municipal clients, and relatively conservative culture supported its strategy of maintaining a role as a 'pure' consulting firm. Management recognized, however, that the firm needed to capture and develop its engineers' many innovative ideas, now being passed over

during the course of the consulting work because of the company's focus. Accordingly, the company launched independent companies in areas such as computer software, mining, and ethanol fuels from waste, for technologies they felt could be commercialized. To date, Associated Engineering has launched five start-up companies, and five others are in the formative stages. Each of these start-up ventures has its own management, and, usually, there is external equity participation. Some of these ventures are heavily involved in R&D, with one spending about $400 000 a year.

Associated Engineering's long-term objective is to focus on the firm's core consulting business, while seeking innovations from both inside and outside the firm that have potential for commercialization. Growth will be financed internally as well as through management equity participation, mainly because venture capital firms have so far been unwilling to take on projects with unproven technology.

Opportunities and Growth Strategies for the Canadian Consulting-Engineering Sector

The Canadian consulting-engineering sector's export strengths lie in electric power, mining, forestry, transportation, and municipal services. Canadian capabilities in developing capital projects at remote, environmentally hostile sites are probably unparalleled throughout the world. Indeed, the sector's key strength is its reputation for offering independent professional advice, together with North American technology and project management services. Quebec firms have a natural advantage in French-speaking countries.

However, weaknesses exist in manufacturing. Canadian consulting-engineering firms have lacked opportunities to develop expertise with process plants, robotics, flexible manufacturing systems, and other advanced manufacturing technologies. Improvements in these areas would allow the sector to compete more effectively in the markets of developed countries, as well as to offset the impact of future import competition at home.

The sector's domestic and export activities are mutually supportive. Whereas a strong domestic market provides the base from which to export, a strong export position provides the additional experience and employment needed to strengthen the sector's domestic base.

Opportunities and Strategies

Canadian consulting-engineering firms need to identify new opportunities to differentiate themselves from both domestic and international competitors. In particular, they need to develop more active strategies that will enable them to participate in growth markets, rather than just relying on traditional capital projects. But if these firms are to compete successfully for projects, they cannot rely on superior technology alone. As more and more domestic and international firms gain the expertise and track records needed to undertake projects, clients are increasingly focusing on other factors such as speed and costs.

In providing modern consulting-engineering services, technological expertise is a necessary but not sufficient condition for success. Given the structure of the consulting-engineering sector and the ongoing preference for design-only contracts, a firm whose only expertise lies in technology cannot expect to capture fully the benefits of its superior design capabilities. Indeed, designs that simply reduce construction, overall project, or plant-operating costs offer design-only firms no real benefits, unless, that is, the firms can succeed in the difficult task of quantifying the benefits of their designs. Furthermore, many of the improvements they make can be easily copied by competitors.

In addition, the importance of factors beyond the control of individual firms, such as the availability of government financing, means that a small edge in technological expertise may simply not be enough to tip the balance in a firm's favour.

An interesting possibility that has emerged recently in the Canadian consulting-engineering sector is the 'enabling service industry' concept.[34] According to this concept, consulting engineering is both a potential technology innovator and a technology-diffusion agent, much as microelectronics and biotechnology have emerged as 'enabling' technologies. In other words, firms use enabling technologies as tools in an advanced economy to achieve successful niche strategies, based on state-of-the-art technology, yet without sacrificing, through over-specialization, the technological breadth that allows rapid development of new products for promising growth markets. The enabling service industry concept could be attractive in the Canadian environment — but it implies a much more broadly based expertise than is generally true of Canadian firms today.

Differentiation Strategies

If Canadian firms want to develop sustainable advantages over competitors, they need to capitalize on opportunities for differentiating their products and services. Such opportunities do exist.

For example, consulting-engineering firms can provide specific benefits to their customers by developing proprietary products, processes, or systems that improve the quality or reduce the design, construction, or operating costs of a facility. Take, for instance, Monenco's custom software, developed as part of its CADD system and for designing and updating wiring in telephone central offices; this software has enabled the company not only to design facilities at a lower cost than its competitors, but also to reduce maintenance costs for the customer. Because competitors would have had to invest a large amount of money to create a similar system, that innovative software created a 'barrier to entry' for other firms, thereby providing Monenco with a sustainable advantage.

As well, a firm will gain more leverage from its innovations if they can be captured in a software system or product, rather than simply becoming part of the firm's accumulated store of technological expertise. The software or product can then be mass produced, and the idea protected more easily from competitors.

Market Opportunities

There are export opportunities to be pursued in many industry subsectors where Canadian consulting-engineering firms already hold advantages over foreign competitors. Specifically, opportunities exist in the environmental, hydroelectric, oil and gas, and forestry subsectors.

Growing environmental concerns offer the Canadian consulting-engineering profession an excellent opportunity to develop the necessary leading-edge expertise and, hence, a strong base for expanding into export markets. Examples of projects include waste-water treatment, recycling (closed-loop operations), and cogeneration in pulp-and-paper operations; oil-spill clean up, recycling, and waste disposal in the petroleum and petrochemical industries; mine tailings disposal in the mining industry; and cold-climate sewage treatment facilities generally.

Today, environmental consulting engineering encompasses more than traditional environmental planning, assessment, and waste management services. Indeed, environmental concerns are at the core of many designs for new industrial and municipal facilities. The design of pulp mills, for example, faces new constraints from government restrictions and environmental review processes. Consulting engineers, therefore, must work with owners and machinery suppliers to develop better processes, as well as closed-loop systems that recycle waste water instead of dumping it back into the environment.

Another subsector that holds promise for Canadian engineering firms is hydroelectric power development. The large Canadian market for big hydroelectric projects has helped Canadian firms gain sufficient experience and scale to become world-class technical and project management experts. Demands by customers such as Hydro-Québec and Ontario Hydro for state-of-the-art engineering services have not only pushed Canadian consulting-engineering firms to develop considerable expertise in this area but also helped them to understand customer needs.

The Canadian hydroelectric industry is bolstered by several sophisticated suppliers, such as the world-class turbine manufacturer, General Electric Canada. The very presence of these firms helps Canadian consulting engineers keep abreast of the latest innovations, and work closely with suppliers to develop improved products.

A third area of opportunity for Canadian consulting-engineering firms may be found in the oil and gas sector. Although faced with vigorous competition from several massive U.S. firms, several large Canadian consulting-engineering firms in the oil and gas sector, such as Monenco, do have the necessary technical expertise, as well as the financial and operational experience, to manage large projects. These Canadian firms are supported by research programs at the universities, oil companies, and government labs — all of which create a base from which new processes are constantly being

developed. A recent report prepared for the Science Council on the Canadian oil and gas sector highlighted contracted engineering services as a major Canadian growth opportunity.[35] (See Science Council of Canada Sectoral Technology Strategy Series, No. 5: *The Canadian Oil and Gas Sector*.)

In addition, Canadian firms have designed facilities for processing the large, but unconventional, domestic heavy oil, oil sands, and sour gas reserves. As the technology continues to develop, there will be opportunities to apply this Canadian technology to similar reserves in other countries. Moreover, as reserves of easily obtainable oil and gas are depleted, the industry is increasingly turning to techniques that lower production costs — a focus that will, in turn, require automation and the development of more efficient processes and facilities.

A fourth area of opportunity for Canadian firms is in the forestry subsector. There are only a few world-class consulting-engineering firms in forestry, and a Canadian firm, H.A. Simons, is one of the best. Indeed, H.A. Simons has the scale to complete large-scale projects, such as $300 million pulp-and-paper plants. Fortunately, Canadian forestry firms are also supported by strong research organizations, such as Forintek and Paprican, both of which pump out a steady stream of ideas for improving facilities and processes.

Currently, there is a large Canadian market for sawmill as well as pulp-and-paper plants. High labour costs and stumpage fees, however, are beginning to push up costs to levels at which Canadian firms must either develop innovative technology solutions or risk becoming uneconomical producers. To meet these challenges, the Canadian forestry sector can be expected to continue to support a large pool of domestic expertise, one suitable for pursuing worldwide opportunities.

Clearly, Canadian firms must retain state-of-the-art capability in technological expertise. But they must also transform the limitations of the Canadian economy into a virtue; by avoiding ties to domestic producers they can then present themselves in international markets as neutral advisers. This strategy is, however, difficult to implement; typically, the lack of a Canadian domestic-supplier base tends to limit the credibility of Canadian engineering expertise.

Government Policies

By encouraging innovation, investment in technology, international joint ventures, and diversification, governments at all levels can help, and frequently have helped, consulting-engineering firms improve their competitiveness. In particular, governments can facilitate technological innovation through procurement and contracting-out policies.

As customers for some 50 per cent of Canada's domestic consulting-engineering services, governments can structure procurement both to maximize the benefits to Canadian firms and to promote innovation. The emphasis, however, should be on strategic, rather than on traditional, local-content, procurement policies. Typically, local-content procurement policies discriminate in favour of regionally based manufacturers or service providers, usually by adding cost penalties to bids from external firms or excluding external firms from bidding. Strategic procurement policies, on the other hand, encourage local suppliers to become more competitive by helping them develop and test new products and processes, reduce costs, and broaden and deepen their experience. In consulting engineering, for instance, government support for emerging technologies, pilot plants, and first commercial installations can help firms develop the expertise they will need to win international contracts and generate export revenues.

In contracting out, the federal government is a major funding source for international projects, through organizations such as CIDA, EDC, and the Program for Export Market Development. Any attempt at 'fairness' in awarding these international contracts, by distributing funds among many firms, for example, may, in fact, impair the competitiveness of the Canadian consulting-engineering sector.

Governments also stimulate the international competitiveness of Canadian firms by contracting out services that are now performed in-house.

Canadian Corporate Strategies

Many medium-sized and large Canadian firms outside the consulting-engineering sector have developed and retained in-house engineering capabilities. In-house engineering services are based on the need to adhere to high performance standards, ensure on-time construction, and provide in-house expertise for facilities after they begin operation. In-house engineering also means that accumulated expertise and knowledge are retained within the firm, rather than being made available to competitors — a vital consideration according to many firms. But expanding in-house engineering also means that external consulting-engineering firms lose parallel opportunities to develop the design, project management, and construction management expertise required for large projects of international scale.

The alternative approach is to depend on strategic procurement and contracting out. Hydro-Québec, for example, has used strategic procurement and contracting-out policies for several large engineering projects; as a result, the utility has helped spawn several world-class consulting-engineering firms, such as Lavalin, SNC, and Monenco. This philosophy also applies to certain provincial research organizations, notably Ontario's ORTECH and B.C. Research. If Canadian firms could spin off more of their in-house engineering facilities into separate firms or subsidiaries, it might be feasible to develop similar capabilities in fields such as oil and gas development, geophysical exploration, and even in auto-parts and auto-vehicle manufacturing. In the long run, Canadian firms might find that this approach, by enhancing the total level of engineering sophistication available to them, actually strengthens their own abilities and profit potential. Certainly, it would be worth while to have certain firms examine the feasibility of such an approach.

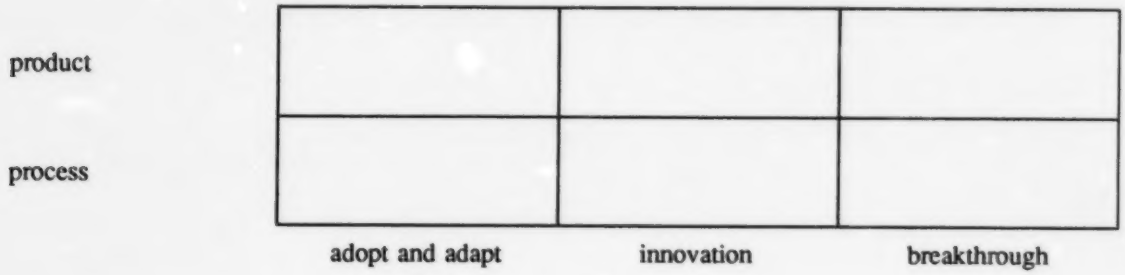
Conclusion

At present, the Canadian consulting-engineering sector is being held hostage to the horizons of its clients. The sector, in effect, can develop expertise only in as far as its clients are able to perceive their current needs.

Canadian consulting-engineering firms need to seek out capabilities and skills that will enable them to expand and enhance their clients' products, processes, and services. By merely reacting to their clients' requests, Canadian firms are cutting themselves off from vital opportunities. Their challenge, then, is how best to develop a more active approach to identify market opportunities, both for themselves and their clients.

Appendix: Framework for Technology Strategies

As part of the methodology for analysing each sector, the Science Council of Canada sought whenever possible to assess company technology strategies according to the following framework:



Strategy Classes

Adopt and Adapt: Acquire a technology and adapt it to serve as a competitive platform.

Innovation: Incrementally improve on winning technology to get greater market share or maintain competitive edge.

Breakthrough: Seek to create a discontinuity in the marketplace, thereby leaping ahead of the competition.

The company case studies generally looked for at least seven key dynamics influencing a company's technology strategy:

- three internal dynamics:
  - competitive position,
  - capacity for innovation, and
  - strategy and vision; and
- four external dynamics:
  - customer demands,
  - competitive rivalry,
  - supply condition, and
  - available technology.

The methodology also incorporated essentially a three-step process for each sector. In the first step one or more contractors analysed the main elements in the competitive and R&D performance of the Canadian sector and its leading foreign competitors. The second step included evaluation of the contract report(s), discussion with contractors and other experts, additional in-house research, and preparation of a draft Council report. In the third step, external reviewers commented on one or more drafts of the Council report, which were then revised and refined as required, drawing on the advice of the liaison person for that sector on the Steering Committee (see Acknowledgements). For some sectors, the third step also involved several external reviewers in a small workshop, one part of which

helped define some elements of a potential action plan for the sector. The report was then submitted for final approval to the Executive Committee of the Science Council, before being forwarded to Industry, Science and Technology Canada.

Notes

1. Industry, Science and Technology Canada, *Consulting Engineering Industry Profile*, (ISTC, Ottawa: 1988), 3.

2. Roger Verreault and Mario Polese, *The Export of Services by Canadian Engineering Consulting Firms*, (Ottawa: Institute for Research and Public Policy, March 1989), 28.

3. Ibid.

4. Canada Consulting Cresap, *Consulting Engineering*, report (unpublished) prepared for Science Council of Canada (March 1991), 13.

5. ENR, *Designers Seek the Global Edge*, Special Report, (New York: McGraw-Hill, August 1990), 46.

6. Canada Consulting Cresap, op. cit., 16.

7. Ibid., 87.

8. Canada Consulting Cresap, op. cit., 16.

9. Ibid., 16.

10. Ibid., 97.

11. Ibid., 15.

12. Ibid., 83.

13. Ibid.

14. Ibid., 89.

15. Ibid., 90.

16. Ibid., 32.

17. Verreault and Polese, op. cit., 31.

18. Canada Consulting Cresap, op. cit., 36.

19. Ibid., 31.

20. Ibid., 31.

21. ENR, op. cit., 48.

22. Canada Consulting Cresap, op. cit., 17.

23. Ibid., 86.

24. Ibid., 18.

25. Ibid., 85.

26. Ibid., 19.

27. Ibid.

28. Scott Tiffin, *A Program for Policy Action on Consulting Engineering*, thinkpiece prepared for the Consulting Engineers of Alberta (Old Chelsea, Quebec: SocioTECH Inc., November 1989), 1-2.

29. Canada Consulting Cresap.

30. Canada Consulting Cresap.

31. Canada Consulting Cresap.

32. Monenco, personal communication to Science Council.

33. Canada Consulting Cresap.

34. Bill Eadie, president, Consulting Engineers of Alberta, personal communication.

35. Purvin and Gertz, Inc., *Sectoral Innovation Strategy for the Oil and Gas Industry*, report prepared for the Science Council of Canada (Calgary, February 1991).

Conseil des sciences du Canada

Science Council of Canada

SÉRIE « STRATÉGIES SECTORIELLES EN MATIÈRE DE TECHNOLOGIE »

N° 13

Le génie-conseil au Canada

STRATÉGIES SECTORIELLES EN MATIÈRE DE TECHNOLOGIE

N° 13 LE GÉNIE-CONSEIL AU CANADA

Conseil des sciences du Canada
100, rue Metcalfe
Ottawa (Ontario)
Canada K1P 5M1

N° de catalogue : SS25-1/13-1992F
N° d'ISBN : 0-662-97354-2
© Ministre des Approvisionnements et Services, 1992

Table des matières

Faits saillants v
Historique de la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» vii
Commentaire sur la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» et sur les objectifs de la R-D viii
Liste des rapports de la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» x
Remerciements xi

Introduction 1

Aperçu de l'ensemble du secteur du génie-conseil 2
- Le marché mondial et la part qu'y détient le Canada 2
  - Tendances du marché mondial 4
  - Les forces de la concurrence dans le monde 4
- L'ensemble du secteur 6
- L'investissement en R-D et les stratégies sur le marché mondial 7
  - Innovation technologique 9
  - Stratégies en matière de technologie 10

Aperçu du secteur génie-conseil au Canada 12
- Le marché canadien 12
- Le secteur canadien 12
- Investissements et stratégies en matière de R-D au Canada 13
  - Gore and Storrie 16
  - Fluor 16
  - SNC 17
  - Monenco 17
  - Associated Engineering 18

Débouchés et stratégies de croissance dans le secteur canadien du génie-conseil 19
- Débouchés et stratégies 19
  - Stratégies de différenciation 20
  - Possibilités du marché 20
- Politiques gouvernementales 21
- Stratégies d'entreprises canadiennes 22

Conclusion 23

Annexe — Cadre d'analyse des stratégies en matière de technologie 24

Notes 26

Tableaux et figures

Tableau 1. Les 200 plus grandes entreprises de génie-conseil, 1989 6
Tableau 2. Profil de la taille des entreprises de génie-conseil au Canada, 1987 13

Figure 1. Chiffre d'affaires total réalisé à l'étranger par les 200 plus importantes sociétés de conception internationales 3
Figure 2. Ventilation des revenus de l'étranger des entreprises canadiennes de génie-conseil selon la source de financement, 1987 3
Figure 3. Stratégie d'innovation technologique : facteurs internes et externes d'innovation 5
Figure 4. Croissance du nombre de firmes de génie-conseil canadiennes, 1978-1987 8
Figure 5. Représentation schématique de la réduction des prix 9
Figure 6. Comparaison des indices de croissance des dépenses d'investissement nationales, des chiffres d'affaires en génie-conseil et de l'emploi, 1982-1988 14
Figure 7. Pourcentage du revenu total des petites, moyennes et grandes entreprises canadiennes de génie-conseil provenant de projets à l'étranger, 1978-1987 14
Figure 8. Exportations canadiennes et ventes nationales par secteur, 1988 15

Faits saillants

- Sur une base annuelle, le marché mondial du génie-conseil croît sensiblement au même rythme que l'économie mondiale.

- Le secteur mondial du génie-conseil est dominé par les firmes américaines et britanniques. Le succès des entreprises sur ce marché repose sur le savoir-faire acquis sur leur marché intérieur.

- On s'attend à une augmentation des possibilités dans le domaine des projets clés en main (conception, approvisionnement et construction) et des projets qui exigent une participation au capital.

- Le secteur canadien du génie-conseil comprend plusieurs milliers de petites entreprises (moins de 20 employés), environ 300 moyennes et grandes entreprises (jusqu'à 250 employés) et trois entreprises géantes (plus de 1 000 employés). Il emploie environ 15 p. 100 des ingénieurs du Canada.

- Le secteur est généralement rentable, bien que, tout compte fait, les profits ne soient pas très élevés. En outre, la concurrence est telle que les entreprises canadiennes doivent souvent couper dangereusement les prix. Cette situation est attribuable notamment à la préférence des clients pour les contrats à bas prix axés uniquement sur la conception, au caractère cyclique de la demande et aux faibles entraves à l'entrée sur le marché.

- Le secteur du génie-conseil est caractérisé par des fluctuations cycliques qui affectent sa stabilité à long terme, sa capacité d'innover et son aptitude à se tenir à la fine pointe.

- La forte concurrence sur le plan des prix a tendance à inhiber l'innovation technologique, laquelle est réalisée principalement par quatre moyens : l'automatisation, la gestion de projets et les techniques de construction, le savoir-faire technique, et les procédés exclusifs.

- Les quelques firmes de génie-conseil qui investissent dans la R-D «admissible» (la R-D visant à améliorer la qualité globale de leurs propres services) y consacrent des budgets importants — de 7 à 12 p. 100 des ventes dans les années 1980.

- Il n'y a pas de données internationales comparables concernant la R-D dans ce secteur. Généralement, les données statistiques sur la R-D dans ce secteur se rapportent à la R-D à contrat effectuée pour le compte d'autres industries, et non à la R-D effectuée pour améliorer les compétences du secteur lui-même.

- Actuellement, ce sont les États-Unis et le Royaume-Uni qui constituent les plus grands rivaux du Canada dans le domaine du génie-conseil, mais de nouveaux compétiteurs commencent à émerger, notamment au Japon et dans certains pays nouvellement industrialisés comme la Corée.

- Le secteur canadien remporte des succès dignes de mention sur le plan des contrats à l'exportation. À cet égard, il semble même surpasser, dans une certaine mesure, ses rivaux américains et britanniques. Mais les programmes du gouvernement canadien, tels que l'aide internationale aux pays en développement, semblent jouer un rôle beaucoup trop important dans ces succès.

- La croissance du revenu global du secteur canadien ne suit pas tout à fait la croissance totale des dépenses d'investissement du Canada.

- Le secteur canadien est très compétitif mondialement dans plusieurs sous-secteurs de génie tels que la mise en valeur des ressources hydro-électriques, forestières, pétrolières et gazières, la gestion des déchets et des eaux dans les municipalités, et la prospection géophysique. Toutefois, ses compétences sont beaucoup plus faibles en d'autres domaines, notamment en techniques de fabrication avancées.

- Les perspectives du secteur canadien du génie-conseil sont très positives. Les possibilités incluent les travaux en haute mer, particulièrement dans les pays en développement et, fort probablement, dans les pays de l'ex-Union soviétique. Sur la scène nord-américaine, la mise au point de fonctions plus avancées de dessin (CAO) ainsi que de fabrication et d'ingénierie assistés par ordinateur (FAO/IAO) serait utile pour l'industrie automobile, l'aérospatiale, le secteur chimique, les banques et d'autres industries. Il est souhaitable que le secteur adopte une attitude plus dynamique dans la recherche de nouveaux champs d'expertise susceptibles de générer des contrats rentables.

- Un élément clé pour assurer la croissance future des firmes canadiennes consisterait à favoriser la multidisciplinarité, en combinant le savoir-faire traditionnel en sciences et en génie avec des domaines tels que l'économie, la comptabilité, les finances, la commercialisation et même, la publicité. Pour l'instant, la plupart des firmes canadiennes ne peuvent offrir des services aussi diversifiés en raison de leur petite taille.

- En raison des limites très claires de l'économie canadienne sur le plan des fournisseurs nationaux (en ce qui concerne la machinerie, par exemple), le secteur canadien du génie peut offrir sur le marché international des services-conseils «neutres» et donc hautement crédibles. Cependant, un tel rôle exige une connaissance approfondie des dernières techniques mondiales de génie ainsi qu'une structure interne de formation et de R-D de plus en plus forte.

- Tous les paliers de gouvernement peuvent jouer un rôle utile dans le développement du secteur en fournissant de l'information technologique, en aidant à la commercialisation du secteur dans le monde, en structurant les principaux approvisionnements de façon à offrir une influence stratégique maximale et en continuant d'impartir les travaux dans la mesure du possible.

- Dans leur propre intérêt, les entreprises canadiennes de tous les secteurs pourraient se pencher sur leurs pratiques d'approvisionnement et d'impartition dans le but de renforcer le secteur canadien du génie-conseil et de le rendre plus utile pour eux à long terme.

Historique de la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie»

Dans la «nouvelle» économie des années 1990, les entreprises prospères à forte valeur des pays industrialisés sont mues par l'innovation et incitées à consacrer des fonds à de nouveaux produits et procédés. Elles axent de plus en plus leurs stratégies commerciales sur des connaissances et des compétences spécialisées pour adapter leurs propres technologies clés aux marchés particuliers.

Où se situe le Canada dans ce nouveau milieu en évolution rapide, où les alliances et les relations changent constamment? La faible capacité d'innovation de l'industrie canadienne est une préoccupation du Conseil des sciences du Canada depuis 1971, année où l'organisme a fait paraître le rapport *L'innovation en difficulté*. Le Conseil a exprimé à nouveau ses inquiétudes dans sa déclaration intitulée *Innovation sectorielle*, publiée en 1987. Concentrant alors son attention sur les mesures susceptibles d'être prises au niveau sectoriel, le Conseil affirmait :

> Les milieux industriels et gouvernementaux du Canada sont de plus en plus conscients du rôle clé joué par la technologie et la R-D dans la concurrence intérieure et internationale. Le Conseil des sciences considère qu'il incombe avant tout à l'industrie de relever le calibre de la technologie et d'accroître les activités de R-D au Canada. Néanmoins, les gouvernements peuvent venir en aide aux milieux industriels dans leurs efforts pour maintenir leur compétitivité à long terme à la fois en collaborant avec des entreprises individuelles et en bâtissant un consensus sur l'élaboration de stratégies d'innovation adaptées aux divers secteurs industriels. Il ne s'agit pas, pour les gouvernements, de dire aux entreprises ce qu'elles doivent faire, mais bien de favoriser la collaboration entre celles-ci dans une perspective d'autodéveloppement. Pour parvenir à un tel consensus sur la stratégie à adopter pour un secteur particulier, il faut établir une collaboration étroite et continue avec les industries sur le rôle actuel de la technologie et de la R-D dans le secteur, sur les perspectives de développement et sur la nature des sources, des stimulis et des formes d'innovation technologique. De toute évidence, pour réussir, il faudra élaborer des stratégies d'innovation distinctes pour chaque secteur de l'industrie. Le Conseil des sciences souhaite qu'en bâtissant ce consensus, on parviendra à déterminer les priorités, à établir les domaines qui se prêtent à la coopération et à élaborer un plan d'action.

Cet énoncé s'est révélé une étape importante de la décision qu'a prise par la suite le Conseil d'entreprendre un grand projet sur les stratégies sectorielles en matière de technologie.

En 1989, à un moment où l'état de la compétitivité canadienne suscitait beaucoup de préoccupations et où l'on s'interrogeait sérieusement sur le faible niveau des dépenses brutes affectées à la recherche et au développement au Canada par rapport à d'autres pays industrialisés, Industrie, Sciences et Technologie Canada (ISTC) a accepté d'assurer la plus grande partie du financement de ce projet. ISTC a aussi choisi les secteurs sur lesquels il souhaitait que porte le projet.

Chaque rapport de la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» s'inspire en partie d'analyses commandées par le Conseil des sciences du Canada à des entrepreneurs; celles-ci sont conçues pour révéler la dynamique de l'innovation technologique dans le secteur et celle des stratégies des sociétés en matière de technologie. Chaque rapport a aussi bénéficié, dans une large mesure, des observations et des conseils formulés par les nombreux experts externes des milieux d'affaires, universitaires et gouvernementaux, auxquels on rend hommage dans les remerciements.

Commentaire sur la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» et sur les objectifs de la R-D

La série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» porte sur 15 secteurs d'activité au Canada. À la lumière de l'analyse effectuée, le Conseil des sciences du Canada formule les commentaires suivants sur le rendement du Canada en recherche et développement (R-D) et sur l'établissement d'objectifs sectoriels de R-D.

- Regroupées par secteur, les entreprises canadiennes exécutent généralement beaucoup moins de travaux de R-D que leurs concurrents commerciaux. En pourcentage des ventes, la R-D représente, pour les entreprises canadiennes, entre le tiers et la moitié de ce qu'effectuent dans le domaine leurs principaux concurrents sectoriels sur la scène internationale. Parmi les secteurs étudiés, celui des télécommunications constitue toutefois une exception digne de mention.

- Pour certaines lignes de produits ou technologies particulières, il faut atteindre certains seuils minimaux absolus de R-D et de dépenses d'investissement avant que les efforts consentis puissent éventuellement rapporter. Il est évident que les seuils minimaux sont élevés dans certains segments de secteurs, tels que les télécommunications (commutateurs de central téléphonique), les pièces automobiles (fournisseurs de premier niveau), le pétrole et le gaz (normes des raffineries sur l'essence reformulée) et l'électronique (fonderies où l'on traite les circuits intégrés). De tels seuils absolus ne peuvent être exprimés clairement en tant que pourcentage des ventes.

- Dans la majorité des 15 secteurs étudiés, la faiblesse des sommes allouées à la R-D par les entreprises s'explique par le choix de la stratégie commerciale et technologique (qui élimine presque les entreprises canadiennes de nombreux segments de marché à plus forte valeur ajoutée), la taille relativement petite des entreprises canadiennes, le haut niveau des seuils absolus de dépenses au titre de la R-D qu'il faut consentir pour jouer un rôle prépondérant, surtout dans le domaine des stratégies technologiques novatrices, et le pourcentage de propriété étrangère dans les entreprises canadiennes (un facteur particulièrement important dans les secteurs des pièces et des véhicules automobiles).

- L'insuffisance de R-D au Canada par rapport aux autres pays n'est que l'un des nombreux facteurs qui nuisent à la compétitivité du pays. Parmi ceux-ci figurent les coûts des investissements et de la main-d'œuvre, la qualité technique, la commercialisation et la gestion. La contribution de la R-D, ou plus précisément de l'innovation technologique, est pourtant de plus en plus marquée dans l'économie mondiale, mais le Canada continue de tirer de l'arrière en ce domaine. Le faible niveau de R-D affecte tout particulièrement les secteurs canadiens qui reposent sur l'exploitation des ressources en réduisant leur compétitivité dans le cas des produits différenciés à plus forte valeur. Ces secteurs sont ainsi vulnérables aux fluctuations de prix défavorables, mais indépendantes de leur volonté, qui découlent par exemple d'une augmentation du taux de change.

- Les industries canadiennes disposent assurément d'un considérable potentiel d'accroissement de leurs investissements en R-D. Cependant, l'exploitation de ce potentiel dépend fortement de l'optique des dirigeants d'entreprises et de leur capacité d'utiliser la technologie de façon stratégique, d'accélérer le processus d'innovation dans l'entreprise, de travailler plus étroitement avec les fournisseurs et les «clients exigeants» d'un bout à l'autre de la chaîne de production, et de

se doter des ressources nécessaires pour innover davantage et faire de la R-D. Les entreprises canadiennes n'ont pas encore saisi pleinement les répercussions de la stratégie nouvelle, dite stratégie de l'«entreprise superefficace» ou du «producteur flexible». Pour adopter cette nouvelle stratégie, elles devront chercher à offrir le meilleur produit possible à leurs clients. Afin de répondre aux besoins de ces derniers, elles devront intégrer les compétences d'une main-d'œuvre aguerrie à une structure de direction souple qui stimule les initiatives de coopération, tant au sein des entreprises qu'entre les entreprises.

- Les sociétés canadiennes œuvrant dans les secteurs étudiés cherchent surtout à adopter et à adapter des technologies existantes. Elles ne font guère place aux stratégies d'innovation technologique (une fois de plus, le secteur des télécommunications fait exception à la règle) et à peine quelques-unes d'entre elles se tournent vers les stratégies de pénétration des marchés dans le but de renforcer leur position concurrentielle. Dans l'ensemble, les entreprises des 15 secteurs envisagés ne font que peu d'efforts de diversification en dehors des lignes de produits existantes, préférant plutôt accroître l'efficacité de la production.

- Les gouvernements peuvent établir des objectifs de R-D par secteur, dans l'espoir d'inciter les entreprises à accroître leur rendement, à modifier leur stratégie commerciale et à obtenir un plus grand engagement du secteur privé à l'égard de la R-D. Cependant, la R-D effectuée par le secteur privé ne sera valable que si elle s'accompagne d'un vaste ensemble d'initiatives communes des secteurs public et privé, depuis les techniques améliorées et la production accrue jusqu'au financement et à la commercialisation. L'intensification des activités de R-D ne sera productive que si elle va de pair avec une stratégie commerciale en matière de technologie plus élaborée et conçue minutieusement afin d'appuyer les objectifs commerciaux des entreprises. Sinon, ces dernières ne pourront pas rassembler les investissements complémentaires requis pour tirer profit de la R-D. C'est l'entreprise qui doit engager des ressources aux fins de la R-D.

- Il devient de plus en plus difficile d'établir des objectifs par secteur en matière de R-D, puisque des facteurs tels les progrès technologiques, les changements dans la réglementation et les restructurations commerciales ont pour effet de décloisonner les secteurs. Les grandes entreprises diversifiées qui sont au premier plan de la R-D industrielle contemporaine s'adonnent en effet à des activités de R-D qui pourraient relever de plusieurs secteurs. Citons, par exemple, la R-D dans le domaine des textiles et des matériaux réalisée par de grandes entreprises japonaises de l'acier, la R-D en électronique effectuée par les fabricants de véhicules automobiles, et la R-D sur les logiciels faite par les entreprises de télécommunications. Les gouvernements canadiens ont, à juste titre, favorisé une intensification des efforts de R-D au sein des industries du pays. Vu le rythme rapide des progrès scientifiques et des changements techniques, d'une part, et compte tenu du rôle de l'interdépendance des systèmes et de la synergie entre les techniques, d'autre part, l'établissement d'objectifs de R-D ne semble pas justifier l'effort soutenu, la coopération et, en dernière analyse, l'engagement nécessaires du gouvernement fédéral, des gouvernements provinciaux et des organismes privés.

Liste des rapports de la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie»

N° 1	Les télécommunications au Canada
N° 2	Les pièces automobiles au Canada
N° 3	Le fer et l'acier au Canada
N° 4	Les véhicules automobiles au Canada
N° 5	Le pétrole et le gaz naturel au Canada
N° 6	Les produits pétrochimiques et les résines au Canada
N° 7	Les banques au Canada
N° 8	Les métaux non ferreux au Canada
N° 9	Les produits forestiers au Canada
N° 10	La machinerie au Canada
N° 11	Les aliments et boissons au Canada
N° 12	L'énergie électrique au Canada
N° 13	Le génie-conseil au Canada
N° 14	L'électronique au Canada
N° 15	Les logiciels et les services informatiques au Canada

Remerciements

Le Conseil des sciences du Canada remercie les personnes et les organismes suivants, qui ont contribué à la préparation du présent rapport grâce aux conseils et aux renseignements qu'ils ont fournis : Canada Consulting Cresap, Toronto; Bill Eadie, Association des ingénieurs-conseils du Canada, Edmonton; George Robertson, Robertson Nickerson Canada Ltd., Ottawa; A. H. Stretch, Monenco, Calgary; Ron Thomas, Ottawa; Jorg Niosi, CREDIT, Montréal; et Max Smith, Industrie, Sciences et Technologie Canada, Ottawa.

Les opinions et les conclusions contenues dans le présent rapport sont celles du Conseil des sciences du Canada et ne représentent pas nécessairement celles d'autres personnes ou organismes.

Le comité du Conseil des sciences du Canada qui a dirigé le projet se composait des personnes suivantes :

John Roth, président, Systèmes sans fil, Northern Telecom (président du comité jusqu'en février 1991);
Simon J.S.W. Curry, directeur, Modélisation au niveau du système, Recherches Bell-Northern Ltée (président du comité depuis février 1991);
Morrell Bachynski, président, MPB Technologies Inc.;
Richard Bolton, directeur général, Centre canadien de fusion magnétique, Institut de recherche d'Hydro-Québec;
*Richard Dillon, directeur, Alafin Consultants Ltd.;
Gerry B. Dyer, directeur de la recherche, Du Pont Canada Inc.;
J. Barry French, professeur, Institute for Aerospace Studies, Université de Toronto;
James Gilmour, directeur de l'analyse des politiques, Conseil des sciences du Canada (membre d'office);
Gordon Gow, président-directeur général, Société internationale de l'Ontario;
Janet Halliwell, présidente, Conseil des sciences du Canada (depuis août 1990; membre d'office);
Geraldine Kenney-Wallace, présidente, Conseil des sciences du Canada (jusqu'à juillet 1990; membre d'office);
Bernard M. Leduc, chef de la direction scientifique et directeur régional, Wyeth-Ayerst Research — Canada;
Guy P.F. Steed, directeur des programmes, Conseil des sciences du Canada (membre d'office);
Andrew J. Szonyi, président, Canadian Resource Management Ltd.;
Graham Taylor, directeur, Innovation et diffusion de la technologie, Industrie, Sciences et Technologie Canada;
Hugh Wynne-Edwards, président, Terracy Corporation.

Le personnel du projet comprenait :

Rick Clayton, agent de projet et membre du comité du projet, Conseil des sciences du Canada.

* Chargé d'assurer la liaison avec le comité pour le rapport sur le génie-conseil.

Introduction

Le secteur canadien du génie-conseil appartient principalement à des Canadiens. Dynamique et d'avant-garde, il s'attache surtout à élaborer et à mettre en œuvre des projets d'investissement, notamment des projets d'infrastructure et d'exploitation des ressources. Plusieurs moyennes et grandes entreprises de génie-conseil se livrent concurrence sur la scène internationale, offrant des services de consultation et de gestion dans le cadre de projets d'investissement étrangers. Bien qu'elles exécutent certains travaux de R-D, les entreprises sont d'abord axées sur les techniques innovatrices, utilisant la technologie et les connaissances existantes pour résoudre des problèmes concrets.

Le présent rapport étudie les stratégies technologiques adoptées par les grandes entreprises de génie-conseil du Canada et compare le rendement en R-D du principal secteur canadien à celui de ses concurrents commerciaux; ce faisant, il souligne les principales raisons qui justifient ces écarts, le cas échéant, et explique de quelle façon ils affectent la compétitivité du Canada.

Aperçu de l'ensemble du secteur du génie-conseil

Le marché mondial et la part qu'y détient le Canada

Le secteur du génie-conseil s'internationalise de plus en plus, et le Canada est très actif dans ce marché. Les entreprises axées uniquement sur la conception représentent environ cinq milliards de dollars par année par rapport à l'ensemble du marché (c'est-à-dire le marché détenu par les entreprises étrangères en d'autres pays) et les entrepreneurs, y compris les concepteurs-constructeurs, 100 milliards[1]. Bien que les ingénieurs-conseils du Canada ne soient pas très présents dans le sous-secteur de la conception-construction, ils détiennent couramment environ 8 p. 100 de l'ensemble du marché international de la conception[2]. Seules les entreprises américaines et britanniques, principales concurrentes sur le marché international[3], détiennent une part de marché plus importante que celle du Canada, très proche de celle des entreprises de France et d'Allemagne.

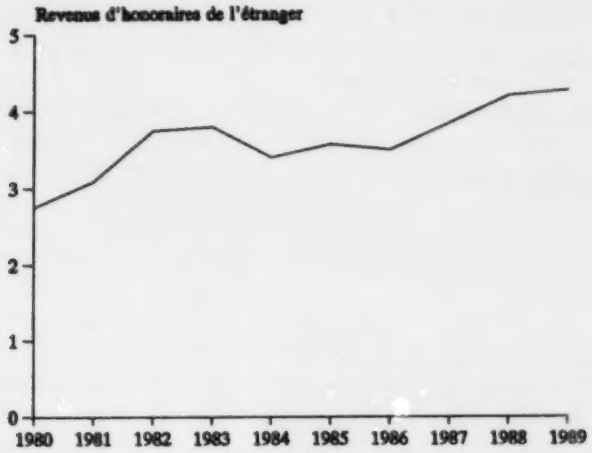
Bien que cyclique, le secteur mondial du génie-conseil prend graduellement de l'expansion. Au cours des années 1980, le chiffre d'affaires à l'étranger des 200 plus importantes entreprises internationales de conception a augmenté à un taux annuel composé de 4,9 p. 100[4] (*voir* figure 1), atteignant 7,4 milliards de dollars américains en 1989[5]. Tout compte fait, ces chiffres semblent indiquer que la croissance annuelle du marché du génie-conseil suit de près celle de l'économie mondiale dans son ensemble — ce qui représente pour ce secteur un taux de croissance respectable, mais sans plus.

Par ailleurs, le chiffre d'affaires annuel des entreprises de génie-conseil canadiennes à l'étranger a récemment atteint 450 millions de dollars, ce qui équivaut à environ 12 p. 100 du chiffre d'affaires total des entreprises[6]. Les États-Unis, l'Afrique et l'Asie constituent aujourd'hui leurs principaux marchés d'exportation, ce qui représente un changement spectaculaire par rapport aux années 1980, alors que l'Amérique du Sud, l'Afrique, le Moyen-Orient et l'Asie étaient leurs principaux clients. Par exemple, comparons l'augmentation du chiffre d'affaires des entreprises canadiennes de génie-conseil en Asie par rapport à l'ensemble de leurs revenus à l'étranger (de 12 p. 100 en 1982 à 54 p. 100 en 1987)[7] avec la diminution de ces pourcentages au cours des deux mêmes années en Amérique du Sud (de 15 p. 100 à 6 p. 100), en Afrique (de 22 p. 100 à 16 p. 100) et au Moyen-Orient (de 14 p. 100 à 1 p. 100). Par comparaison, la baisse du chiffre d'affaires des entreprises canadiennes aux États-Unis (de 20 p. 100 à 17 p. 100) a été faible[8].

L'aide accordée par le gouvernement canadien aux pays en développement est à l'origine de la majorité des recettes des sociétés canadiennes de génie-conseil à l'étranger. Ainsi, en 1987, les projets financés par l'Agence canadienne de développement international (ACDI) et la Société pour l'expansion des exportations (SEE) ont représenté plus de 46 p. 100 de l'ensemble des recettes réalisées à l'étranger par les entreprises canadiennes (*voir* figure 2)[9]. En fait, les entreprises canadiennes de génie-conseil à l'étranger doivent près du tiers de leurs recettes totales à l'aide extérieure accordée par le Canada.

En dépit de la position de force qu'occupe le Canada sur les marchés internationaux, sa compétitivité pourrait éventuellement être menacée par la concurrence plus vive, l'avancement de la technologie dans le monde et les politiques commerciales toujours plus nationalistes ou régionales.

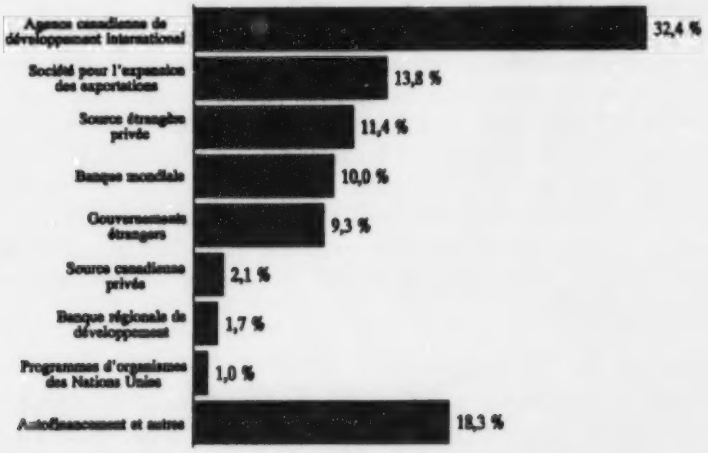
Figure 1. Chiffre d'affaires total réalisé à l'étranger par les 200 plus importantes sociétés de conception internationales (en milliards de dollars américains)



Sources : *Engineering News-Record* et services de génie de l'OCDE, 1990; selon l'analyse de Canada Consulting Cresap dans un rapport inédit sur le génie-conseil présenté au Conseil des sciences du Canada.

Nota : Le taux de croissance annuel composé est de 4,9 p. 100.

Figure 2. Ventilation des revenus de l'étranger des firmes canadiennes de génie-conseil selon la source de financement, 1987



Source : Analyse des données du catalogue n° 63-015 (vol. 2, n° 1) de Statistique Canada, présentée par Canada Consulting Cresap dans un rapport inédit sur le génie-conseil destiné au Conseil des sciences du Canada.

Nota : En 1987, le total des revenus de l'étranger était de 445 millions de dollars canadiens.

Tendances du marché mondial

Comme les pays en développement sont de plus en plus capables d'assurer eux-mêmes les services traditionnels de génie-conseil, la demande internationale dans ce domaine diminue. Cependant, les compétences spécialisées et l'expérience en gestion de projets sont toujours recherchées. En outre, les projets clés en main (conception, approvisionnement et construction) et les projets exigeant une participation au capital devraient connaître un essor.

On prévoit également une diminution des projets d'envergure au cours des prochaines années[10]. Après trois décennies d'élaboration, de nombreux mégaprojets d'infrastructure et mégaprojets industriels ont déjà été mis en place dans le tiers monde. Bien qu'une reprise de la croissance économique créera certainement des débouchés, ceux-ci seront probablement moins importants que par le passé, surtout si les taux d'intérêt réels continuent de grimper. La rareté relative des projets d'envergure pourrait toutefois permettre aux petites et moyennes entreprises d'accroître leur compétitivité sur le marché.

Dans les secteurs de la pétrochimie et du raffinage (les deux plus importantes sphères de compétences en génie-conseil du Canada[11]), la surcapacité de fabrication de produits primaires favorise les produits chimiques spéciaux à valeur ajoutée, qui seront vraisemblablement conçus dans les petites usines spécialisées plutôt que dans les grosses raffineries. (*Voir* la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie», n° 6 — *Les produits pétrochimiques et les résines au Canada.*) De même, les industries qui délaissent les économies d'échelle au profit d'une plus grande flexibilité de production se tournent de plus en plus souvent vers les petites entreprises de fabrication. En outre, les transformations que subissent l'industrie agricole et d'autres industries axées sur les ressources diminuent les probabilités de mise en œuvre d'autres mégaprojets.

Dans les années 1990, l'évolution politique et économique de diverses parties du monde orientera fortement la demande de services d'ingénierie. De nombreux facteurs façonneront probablement ce secteur, dont l'industrialisation accrue de certains pays d'Asie, notamment Hong Kong, la Malaysia, la Thaïlande, l'Indonésie, Singapour et la Corée, les projets d'infrastructure en Europe de l'Est et les projets de dépollution en Europe et en Amérique du Nord. En outre, les possibilités pourraient vraisemblablement se faire plus rares en d'autres pays du tiers monde.

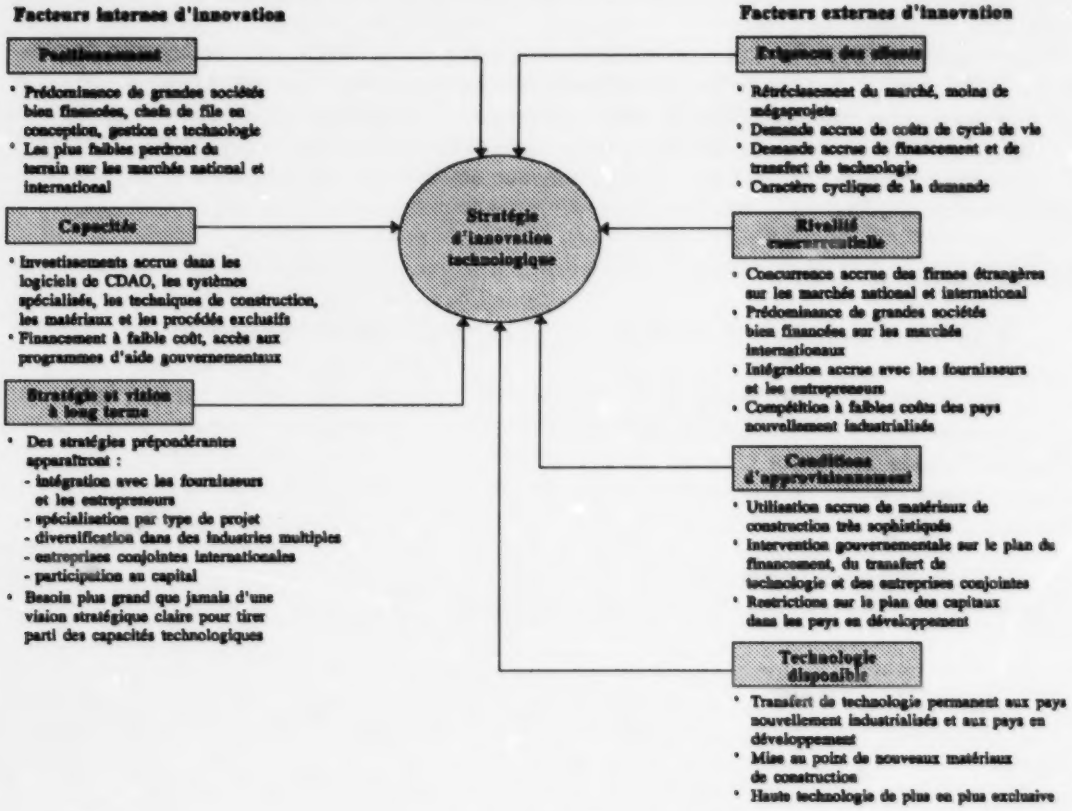
Pour les entreprises canadiennes, le territoire couvrant l'ex-Union soviétique représente un marché offrant un important potentiel de croissance. La restructuration et les changements profonds dont font l'objet l'ex-Union soviétique et l'Europe de l'Est pourraient réorienter vers le secteur civil une bonne partie des efforts de production du domaine militaire. Cette région — tout particulièrement l'ex-Union soviétique — pourrait devoir exporter davantage de marchandises afin de gagner les devises nécessaires pour pouvoir importer des produits vitaux, tels que de la nourriture. Les ingénieurs canadiens, qui jouissent d'une grande expérience dans l'aménagement d'installations hydro-électriques, la prospection géophysique, l'exploitation pétrolière, gazière et pétrochimique ainsi que les mines et l'agriculture, pourraient être bien placés pour exploiter de tels débouchés dans la nouvelle Communauté des États indépendants.

Les forces de la concurrence dans le monde

Au cours des années 1990, la concurrence mondiale dans le secteur du génie-conseil sera fonction de facteurs tels que les pressions en faveur d'une diminution des prix, l'accessibilité du financement et, de plus en plus, le savoir-faire technologique. La figure 3 offre un résumé des dynamiques internes et externes susceptibles d'influer sur les stratégies d'innovation technique dans le secteur.

De plus en plus, les gouvernements imposeront des conditions aux entreprises étrangères désirant faire affaire dans leur pays. Des questions telles que le degré de participation de la main-d'œuvre locale, le transfert de la technologie et le financement font habituellement partie de telles ententes. Ainsi, pour s'imposer sur ces marchés, les entreprises de génie-conseil devront considérer les

Figure 3. Stratégie d'innovation technologique : facteurs internes et externes d'innovation


Facteurs internes d'innovation
Positionnement
• Prédominance de grandes sociétés bien financées, chefs de file en conception, gestion et technologie
• Les plus faibles perdront du terrain sur les marchés national et international
Capacités
• Investissements accrus dans les logiciels de CDAO, les systèmes spécialisés, les techniques de construction, les matériaux et les procédés exclusifs
• Financement à faible coût, accès aux programmes d'aide gouvernementaux
Stratégie et vision à long terme
• Des stratégies prépondérantes apparaîtront :
- intégration avec les fournisseurs et les entrepreneurs
- spécialisation par type de projet
- diversification dans des industries multiples
- entreprises conjointes internationales
- participation au capital
• Besoin plus grand que jamais d'une vision stratégique claire pour tirer parti des capacités technologiques
Stratégie d'innovation technologique
Facteurs externes d'innovation
Exigences des clients
• Rétrécissement du marché, moins de mégaprojets
• Demande accrue de coûts de cycle de vie
• Demande accrue de financement et de transfert de technologie
• Caractère cyclique de la demande
Rivalité concurrentielle
• Concurrence accrue des firmes étrangères sur les marchés national et international
• Prédominance de grandes sociétés bien financées sur les marchés internationaux
• Intégration accrue avec les fournisseurs et les entrepreneurs
• Compétition à faibles coûts des pays nouvellement industrialisés
Conditions d'approvisionnement
• Utilisation accrue de matériaux de construction très sophistiqués
• Intervention gouvernementale sur le plan du financement, du transfert de technologie et des entreprises conjointes
• Restrictions sur le plan des capitaux dans les pays en développement
Technologie disponible
• Transfert de technologie permanent aux pays nouvellement industrialisés et aux pays en développement
• Mise au point de nouveaux matériaux de construction
• Haute technologie de plus en plus exclusive

exigences des projets dans le contexte des besoins globaux de leurs clients. Il ne sera plus suffisant d'offrir des solutions techniques à des projets précis; les entreprises devront désormais évaluer et élaborer les volets économique, politique, financier et comptable, et même les considérations esthétiques, régissant le résultat d'un projet. Il devient donc très souhaitable que ces entreprises acquièrent une compétence multidisciplinaire.

Nombre de jeunes nations disposent maintenant de leurs propres compétences dans les domaines de l'ingénierie et de la construction, et sont donc moins tributaires des compétences étrangères que par le passé. De plus, certains pays — notamment la Corée et l'Inde — sont devenus d'importants exportateurs de services d'ingénierie. En raison du faible prix de revient de leurs produits et services, ces pays peuvent offrir des solutions standard, et ce, à un prix moins élevé que leurs pendants canadiens. En conséquence, les entreprises canadiennes ne sont habituellement concurrentielle qu'en des circonstances particulières — par exemple, lorsque les projets exigent une trop grande compétence technique pour les entreprises locales ou lorsque les firmes canadiennes peuvent offrir des compétences spécialisées ou des modes de financement attrayants.

De plus en plus d'entreprises de génie-conseil d'envergure internationale établissent des filiales à l'étranger. Grâce aux récentes techniques de communication (télécopieurs, réseaux informatiques, réseaux de télécommunications de pointe), les entreprises peuvent se tourner vers les pays à faibles

salaires comme ateliers multiproduits où seront fabriqués des dessins schématiques d'entrée et de conception. De telles entreprises internationales profitent de leur propre savoir-faire local en plus de tirer parti des possibilités sur place.

Les pays à main-d'œuvre très compétente, mais bon marché, livrant une concurrence de plus en plus vive, la capacité de transfert technologique d'une entreprise constitue maintenant un argument de vente beaucoup plus important. De fait, les entreprises ayant acquis un savoir-faire en transfert technologique seront en mesure de se démarquer de leurs concurrents offrant des produits et services à prix moindres. De plus en plus, le transfert technologique deviendra un critère clé dans l'adjudication de marchés internationaux.

L'ensemble du secteur

Les États-Unis et le Royaume-Uni dominent le secteur du génie-conseil sur la scène internationale. Aux fins de comparaisons, en 1988, les entreprises américaines ont enregistré plus de trois milliards de dollars en revenus de leurs exportations et le Royaume-Uni, plus d'un milliard[12]. Toutefois, la position des entreprises canadiennes demeure solide; en effet, des 200 plus grands exportateurs mondiaux, le Canada en compte 11 ayant enregistré 594 millions de dollars en revenus de leurs exportations[13] (*voir* tableau 1). Compte tenu de la taille de son économie nationale, le Canada pourrait être considéré comme un chef de file dans le domaine des exportations en génie-conseil.

Tableau 1. Les 200 plus grandes entreprises de génie-conseil, 1989

Pays	Nombre d'entreprises parmi les 200 grands exportateurs	Revenus provenant des exportations (en millions de dollars US)
États-Unis	67	3 228
Royaume-Uni	19	1 182
Canada	11	594
Pays-Bas	11	471
Allemagne	19	452
France	10	323
Japon	14	257
Italie	11	121
Tous les autres pays	38	792
Total	200	7 420

Source : *Engineering News-Record*, 2 août 1990; analyse effectuée par Canada Consulting Cresap dans un rapport inédit sur le génie-conseil présenté au Conseil des sciences du Canada.

Le succès remporté sur les marchés internationaux repose sur les compétences acquises par les entreprises sur leur marché intérieur. Par exemple, tandis que les entreprises canadiennes sont des chefs de file mondiaux dans les usines de pâtes et papiers[14], les sociétés américaines sont en tête pour le forage en mer et les applications intégrées sur ordinateur[15]. Quant aux Européens, ils arrivent au premier rang dans le domaine de la fabrication du béton, bien que le Japon expérimente actuellement des méthodes plus avancées telles que des bras automatisés servant à verser, à étendre et à finir le béton. En fait, tout comme les sociétés européennes, les entreprises japonaises travaillent à automatiser la coupe, le pliage et l'installation de barres et de câbles d'armature, des tâches à très forte main-

d'œuvre. Dans le domaine des structures d'acier fabriquées, les entreprises américaines demeurent à l'avant-garde, bien que le Japon fasse des progrès considérables dans l'automatisation. De même, les entreprises japonaises ont consacré des sommes considérables à la R-D destinée à automatiser les engins de terrassement, dans le but de détourner une partie des ventes du géant américain Caterpillar.

L'ensemble du secteur du génie-conseil est indéniablement en transition. Les entreprises devront adapter leurs activités, pour faire place aux nouvelles technologies et répondre aux besoins changeants de leur clientèle. Dans l'avenir, trois types de firmes-conseils devraient permettre de répondre à ces exigences du marché :

- *de grandes entreprises-conseils multidisciplinaires* qui sont en mesure de lancer des propositions de projets importants et d'offrir une gamme complète de services — par exemple, les services financiers (elles doivent notamment pouvoir être rémunérées en partie au moyen de capitaux propres), le pilotage et la gestion de l'exploitation;
- *de petites entreprises traditionnelles* qui desservent surtout le marché intérieur, notamment le secteur public;
- *des entreprises spécialisées* qui sont orientées vers des activités ou des domaines particuliers et qui participent occasionnellement à des entreprises conjointes ou à des consortiums.

L'investissement en R-D et les stratégies sur le marché mondial

L'innovation dans le secteur du génie-conseil est malheureusement bloquée par des facteurs importants, notamment la vive concurrence dans les prix. Cette concurrence entraîne inévitablement une réduction des prix et, de fait, une diminution de la capacité et de la motivation des entreprises à investir dans l'innovation.

Les trois grands facteurs suivants sont souvent à l'origine de la baisse des prix : la préférence des consommateurs pour les contrats à bas prix axés uniquement sur la conception, la demande cyclique inhérente à ce secteur, et les faibles entraves à l'entrée sur le marché lors du recul de l'économie.

D'abord, la popularité des contrats à bas prix axés uniquement sur la conception ne facilite pas la tâche des entreprises qui veulent se distinguer de leurs concurrents, soit en utilisant des procédures différentes de gestion et de pilotage, des opérations clés en main ou des possibilités de conception-construction-exploitation-transfert. Cela signifie donc que l'ingénieur-conseil est moins enclin à proposer des techniques de construction novatrices ou à recommander l'achat d'équipement de pointe, puisque ce sont les entreprises indépendantes chargées de la construction qui récolteront les fruits de telles initiatives. De plus, la méthode d'adjudication des marchés au rabais renforce l'attention accordée au prix plutôt qu'à l'innovation et, ce faisant, encourage la baisse des prix.

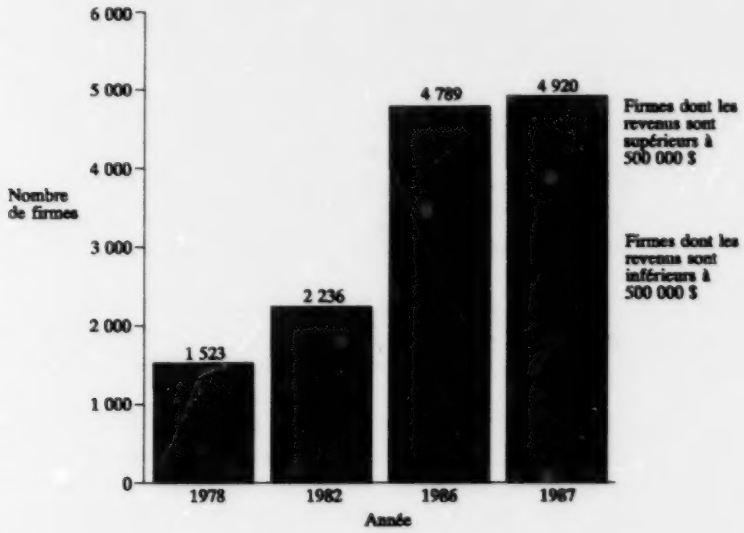
Le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux et municipaux sont les principaux catalyseurs du phénomène des contrats distincts de conception et de construction. Par exemple, sous prétexte de «répartir l'argent», souvent au nom du développement régional, les gouvernements ont tendance à diviser les contrats, de sorte qu'il est difficile de réaliser des économies d'échelle. En réalité, bien que des contrats distincts de conception-construction assurent aux gouvernements un contrôle accru sur chaque phase du projet, ils n'incitent pas les entreprises à adopter une méthode qui diminue les coûts de conception, de construction et d'exploitation afférents à l'ensemble du projet.

En outre, en période de recul économique, les entreprises baissent souvent leurs prix. La demande cyclique de services de génie-conseil est directement liée à la demande cyclique de projets d'investissement. Ces projets, à leur tour, suivent les cycles conjoncturels et touchent directement la demande de services dans le secteur. Généralement, les entreprises de consultation embauchent en temps de reprise économique, et mettent à pied lors des reculs.

Enfin, en raison des faibles entraves à l'entrée sur le marché lors du recul de l'économie, les ingénieurs mis à pied peuvent créer des petites entreprises au cours de ces périodes, ce qui fragmente davantage le secteur[16] (*voir* figure 4). Même les grandes entreprises ont alors tendance à ouvrir des bureaux locaux ne comptant que quelques employés[17].

Le nombre accru de petites entreprises oblige à diminuer les tarifs, ce qui diminue les profits. En conséquence, les entreprises sont moins à même de consacrer de l'argent aux nouvelles technologies ou de financer la croissance; la qualité de leur travail peut aussi être affectée[18] (*voir* figure 5). À la limite, une concurrence aussi acharnée peut être à l'origine de ce que l'on a appelé «la malédiction du vainqueur», une situation dans laquelle le prix demandé par l'adjudicataire d'un marché est inférieur au prix de revient. Le vainqueur risque alors de faire faillite ou d'effectuer un travail de qualité inférieure.

Figure 4. Croissance du nombre de firmes de génie-conseil canadiennes, 1978-1987

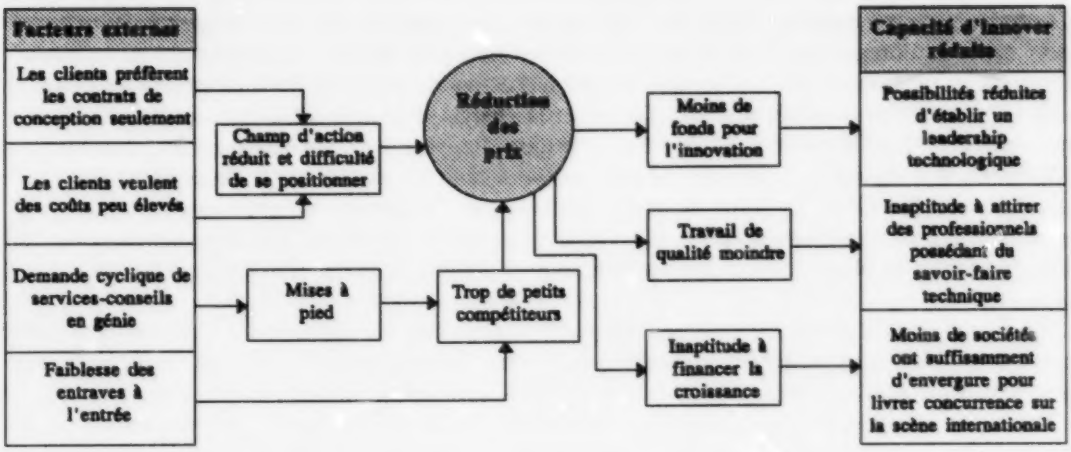


Source : Analyse des données du catalogue n° 63-537 de Statistique Canada pour les années 1978, 1982, 1986 et 1987, présentée par Canada Consulting Cresap dans un rapport inédit sur le génie-conseil destiné au Conseil des sciences du Canada.

Nota : Avant 1986, les établissements sans employés (professionnels associés ou autonomes) n'étaient pas inclus dans les études sur les firmes de génie. En raison de ce changement, les données de 1982 et 1986 ne sont pas directement comparables. Cependant, les résultats indiquent néanmoins une importante augmentation du nombre d'entreprises entre 1982 et 1986.

Le recours à des méthodes d'adjudication plus sophistiquées permettrait de régler le problème de la malédiction du vainqueur. Par exemple, le contrat pourrait être adjugé au deuxième soumissionnaire le plus bas ou à l'entreprise dont le prix se rapproche le plus du prix moyen, ce qui, dans les deux cas, obligerait à retenir une soumission dont le prix est réaliste. Cependant, ces méthodes ne permettront pas d'établir comment adjuger le contrat à l'entreprise ayant la meilleure conception, c'est-à-dire celle qui offre les meilleurs coûts de construction et de cycle de vie.

Figure 5. Représentation schématique de la réduction des prix


Facteurs externes
Les clients préfèrent les contrats de conception seulement
Les clients veulent des coûts peu élevés
Demande cyclique de services-conseils en génie
Faiblesse des entraves à l'entrée
Champ d'action réduit et difficulté de se positionner
Mises à pied
Réduction des prix
Trop de petits compétiteurs
Moins de fonds pour l'innovation
Travail de qualité moindre
Inaptitude à financer la croissance
Capacité d'innover réduite
Possibilités réduites d'établir un leadership technologique
Inaptitude à attirer des professionnels possédant du savoir-faire technique
Moins de sociétés ont suffisamment d'envergure pour livrer concurrence sur la scène internationale

Source : Rapport inédit sur le génie-conseil préparé par Canada Consulting Cresap à l'intention du Conseil des sciences du Canada.

Nota : Il existe des créneaux, comme les grands projets complexes, où la compétition est plus limitée et où l'expérience acquise lors de projets antérieurs minimise la réduction des prix et permet aux firmes de tirer parti de l'innovation technologique.

En dépit de ces obstacles à l'innovation, les progrès réalisés dans l'ensemble du secteur technologique forcent de nombreuses entreprises à adopter de nouvelles méthodes novatrice afin de demeurer dans la course.

Innovation technologique

Les entreprises de génie-conseil se sont tournées vers l'innovation afin d'offrir le meilleur produit possible à leurs clients — en réduisant les coûts de conception, de construction et d'exploitation et en améliorant la qualité. Elles misent sur les quatre éléments suivants pour lancer leurs nouveaux produits : automatisation, gestion de projets et techniques de construction, savoir-faire technologique et processus exclusifs.

L'automatisation est l'une des principales manières de réduire les coûts de conception. Ces dernières années, des grandes entreprises du secteur ont lancé plusieurs nouveaux produits, notamment :

- des logiciels exclusifs de conception et dessin assistés par ordinateur (CDAO) — il s'agit habituellement d'adaptations de progiciels existants — qui ont plus que triplé la productivité par rapport aux méthodes de dessin manuel;
- des systèmes de CDAO interactifs, dotés d'un logiciel qui offre un accès en direct à une base de données et affiche automatiquement les avis de changements, les dessins révisés et les dernières factures de matériaux;
- des systèmes de conception informatisés, qui effectuent des calculs tels que l'analyse structurale, la conception des fondations, la stabilité des pentes et la résistance aux tremblements de terre; et

- des systèmes qui, en reliant directement les systèmes de CDAO au logiciel de construction, permettent d'évaluer, de planifier, de contrôler les coûts et de trouver les matériaux.

Il est possible de réduire les coûts de construction grâce à une gestion des projets améliorée et à des techniques de construction exclusives. La plupart des entreprises ont actuellement recours à plusieurs bases de données autonomes qui assurent tour à tour le contrôle des opérations au cours des différents stades de la conception et de la fabrication. Les nouveaux systèmes informatisés de pilotage dotés de telles bases de données peuvent régulariser la charge de travail, améliorer la productivité et réduire les coûts. Ainsi, dans le cadre de certains projets d'envergure, les travailleurs peuvent être oisifs les deux tiers du temps, attendant de disposer des matériaux ou des outils nécessaires pour mener à bien la tâche suivante. Selon les analystes, les bases de données intégrées qui permettront de régler ce problème seront mises au point d'ici 10 à 15 ans; elles seront utilisées pour des tâches telles que la tuyauterie et le câblage électrique, qui sont communes à tous les projets de construction complexes.

L'excellence du savoir-faire technologique, troisième domaine d'innovation, permet de réduire les frais d'exploitation. La plupart des entreprises de conception prospères ont acquis des compétences qui leur permettent non seulement de concevoir plus efficacement de nouvelles usines, mais aussi d'améliorer considérablement les conceptions antérieures. Quant aux clients, ils sont disposés à payer davantage contre l'assurance que le projet ne posera aucun problème et que la conception améliorée leur permettra de réduire leurs frais d'exploitation.

Les procédés exclusifs, qui constituent un autre secteur d'innovation, permettent de percer de nouveaux marchés ou des marchés déjà établis. Il peut s'agir de procédés améliorés, grâce auxquels les entreprises peuvent diminuer leurs coûts de conception, de construction ou d'exploitation, ou de nouveaux processus qui, en rentabilisant le procédé pour la première fois, ouvrent les portes de nouveaux marchés. En misant sur la mise au point d'une technologie de procédés exclusifs, les entreprises peuvent être en mesure d'obtenir des contrats clés en main, évitant ainsi les soumissions distinctes obligatoires pour la conception et la construction. Les contrats clés en main permettent aux entreprises de génie-conseil de réduire au minimum les coûts de l'ensemble du projet plutôt que les seuls coûts de conception.

Stratégies en matière de technologie

Les entreprises de génie-conseil optent généralement pour des stratégies technologiques qui reposent en grande partie sur les caractéristiques de leur marché intérieur.

Au Canada, les entreprises ont surtout mis l'accent sur le travail de conception en génie-conseil et le perfectionnement du savoir-faire technologique. Les grands projets canadiens d'investissement menés à bien dans les secteurs de l'hydro-électricité, du pétrole, du gaz et des produits forestiers, en particulier, ont permis d'acquérir de bonnes compétences techniques dans ces domaines.

Cependant, le Canada a eu de la difficulté à créer des entreprises diversifiées d'envergure mondiale, ce qui a limité ses compétences technologiques dans leur ensemble. Par exemple, la petite taille de son marché, par rapport à celui des États-Unis, a entravé le développement de ces compétences. Les entreprises canadiennes ont également accordé moins d'importance à la mise au point de produits exclusifs ou de systèmes novateurs de conception, de pilotage ou de gestion de projets. De même, la faveur accordée par le gouvernement aux contrats à bas prix axés uniquement sur la conception a donné lieu à la création de nombreuses petites et moyennes entreprises. Enfin, les entraves au commerce interprovincial ont fait obstacle à la création d'entreprises nationales.

Aux États-Unis, la taille du marché, la diversité des projets et le grand nombre de projets d'envergure ont contribué à favoriser l'apparition des plus importantes entreprises de génie-conseil au monde. Ces entreprises sont assez grandes pour se doter de systèmes intégrés de conception, de

pilotage, de projets et d'entretien, et disposent des ressources financières nécessaires pour acquérir les compétences techniques dont elles ont besoin auprès d'entreprises à créneaux réputées. De plus, en raison de leur grand nombre, les entreprises ont dû se distinguer afin d'éviter la fermeture ou la prise de contrôle par des concurrents. Le secteur américain du génie-conseil est appuyé par un système d'éducation assez fort en génie, de même que par un secteur des logiciels très poussé qui assure un accès aux toutes dernières connaissances dans le domaine de l'élaboration de systèmes.

Le Japon se concentre sur la mise au point de produits et de procédés de construction exclusifs. Bien que les entreprises japonaises ne soient pas encore très présentes sur les marchés internationaux, elles sont tout près des marchés à forte croissance de l'Asie. À l'instar des Américains, les Japonais peuvent compter sur un secteur des logiciels très avancé qui aide à l'élaboration des systèmes. Au Japon, les marchés des installations de production et des immeubles de grande hauteur sont très importants. Toutefois, la petite superficie du pays et les ressources naturelles limitées dont il dispose ont nui aux entreprises japonaises désireuses d'approfondir leurs connaissances dans la construction de routes et les industries extractives.

Aperçu du secteur du génie-conseil au Canada

Le marché canadien

Le marché canadien du génie-conseil dans son ensemble est évalué à environ trois milliards de dollars. Il est cependant soumis aux fluctuations cycliques de la demande[19]. Les entreprises canadiennes dominent le marché; le chiffre d'affaires des entreprises étrangères au pays est négligeable, soit environ 1 p. 100 du marché canadien[20].

Les travaux de génie-conseil réalisés au Canada ont connu une croissance rapide au cours des années 1960 et 1970, mus par le rythme accéléré de l'expansion économique du pays et par de nombreux projets importants. Ils ont cependant ralenti ces dernières années. Tandis que le secteur public mise de plus en plus sur les projets de petite envergure et la modernisation de l'infrastructure courante, le secteur privé a commencé à privilégier la rénovation des installations en place et l'amélioration des méthodes de production au détriment de l'expansion de la capacité. Le succès des consultants sur le marché intérieur dépend maintenant en grande partie de la flexibilité du secteur et de leur volonté de privilégier eux aussi l'entretien et l'amélioration des installations en place ainsi que l'amélioration des méthodes de production plutôt que la conception de projets d'investissement.

Le secteur canadien

Sur la scène nationale, le secteur canadien du génie-conseil représentait, en 1989, 3,6 milliards de dollars, ou 0,6 p. 100 du produit intérieur brut du Canada. Bien que la croissance enregistrée par le secteur depuis 1984 puisse être considérée comme forte et stable en termes de revenus et d'emplois, elle est inférieure à la croissance totale des dépenses d'investissement du Canada au cours de la même période (*voir* figure 6).

Par rapport à la concurrence internationale, le secteur canadien du génie-conseil occupe une place de choix. En fait, en 1989, on comptait deux entreprises canadiennes parmi les 20 plus importantes entreprises internationales de conception, à la lumière de leur chiffre d'affaires dans le domaine du génie technique — SNC-Lavalin (à l'issue de la récente fusion) se classait 4e au monde et H.A. Simons, 12e. Golden Associates (classée 33e en 1989), Monenco (classée 72e), Acres International (classée 97e) et Tecsult (classée 99e) comptent également parmi les grands exportateurs canadiens. Plusieurs des grandes entreprises ayant leur siège social aux États-Unis sont également très actives au Canada, en plus d'offrir des services dans le monde entier; citons, entre autres, ABB Lumus Crest (classée première au monde), Bechtel Group (5e rang), Brown & Root (6e rang) et Fluor Daniel (8e rang)[21].

La concentration est faible dans le secteur du génie-conseil au Canada, mais on compte quelques entreprises très importantes (*voir* tableau 2)[22]. Bien que les recettes provenant de l'étranger y soient toujours pour beaucoup dans la réussite des entreprises canadiennes de génie-conseil, les recettes d'exportation des petites et moyennes entreprises du pays sont de moins en moins importantes (*voir* figure 7)[23]. Toutefois, les grandes entreprises canadiennes faisaient récemment une percée impressionnante sur les marchés d'exportation, faisant passer leur part des exportations mondiales de 6 p. 100 en 1986 à 16 p. 100 en 1988[24].

Sur la scène internationale, les entreprises canadiennes sont plus fortes dans les domaines où elles ont acquis un certain savoir-faire au pays (pétrole et gaz, foresterie, électricité, transport et mines). Ces secteurs réunis représentent 77 p. 100 des ventes canadiennes à l'étranger. La force des entreprises canadiennes dans ces secteurs reflète leur force sur le marché intérieur, sauf dans le cas du

Tableau 2. Profil de la taille des entreprises de génie-conseil au Canada, 1987

Caractéristiques	Très petites	Petites	Moyennes	Grandes	Très grandes
Nombre approximatif d'entreprises	3 568	1 070	228	50	3
Recettes par entreprise	<250 000 $	250 000 $ - 2 millions	2 - 10 millions	10 millions et plus	100 millions et plus
Nombre d'employés par entreprise	0 - 4	5 - 20	20 - 150	150+	1 000+
Participation aux exportations	Nulle	Nulle	Moyenne	Variable	Élevée

Source : Estimations effectuées à partir du catalogue n° 65-105 de Statistique Canada, 1987; tiré d'un rapport inédit sur le génie-conseil préparé par Canada Consulting Cresap à l'intention du Conseil des sciences du Canada.

Nota : Les trois très grandes entreprises sont SNC-Lavalin, H.A. Simons et Monenco.

pétrole et du gaz — les ventes intérieures ne reflètent pas les compétences du Canada dans ce secteur, en raison des dépenses relativement faibles engagées au pays ces dernières années et du degré relativement élevé de propriété étrangère (*voir* figure 8)[25].

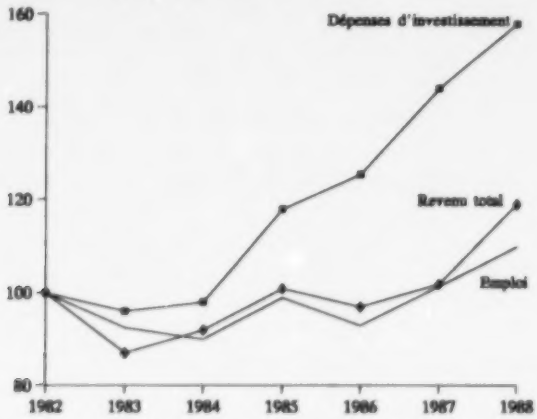
Les entreprises canadiennes sont relativement moins fortes dans les techniques de fabrication de pointe que dans les secteurs d'exploitation des ressources. Cette faiblesse structurelle marquée de l'économie nationale se reflète dans les importations élevées de machinerie et d'équipement connexe et dans le petit nombre d'entreprises de génie-conseil axées sur la fabrication.

Investissements et stratégies en matière de R-D au Canada

Les rares entreprises de génie-conseil qui ont consacré de l'argent à la R-D admissible (c'est-à-dire la R-D destinée à mettre en valeur ou à améliorer la qualité globale des services offerts par une entreprise) y ont consacré des sommes considérables — entre 7 et 12 p. 100 des ventes dans le milieu des années 1980[26]. Nous ne disposons toutefois d'aucune statistique similaire sur la R-D exécutée par d'autres pays dans ce secteur.

En 1986, l'Association des ingénieurs-conseils du Canada effectuait un sondage sur la R-D, auquel 180 de ses 805 entreprises membres, soit 22 p. 100, ont répondu. De ce nombre, 115 entreprises se tournaient alors vers l'innovation, 34 avaient déjà innové et 31 indiquaient n'avoir jamais fait d'innovation[27]. Selon le sondage, l'ensemble de la recherche effectuée chaque année dans le secteur canadien faisait appel à 439 années-personnes et totalisait 32 millions de dollars, dont 60 p. 100 étaient autofinancés. De ces 32 millions, 10 p. 100 étaient attribuables aux très grandes entreprises (800 employés et plus), 35 p. 100 aux grandes entreprises (de 300 à 799 employés), 29 p. 100 aux moyennes entreprises (50 à 229 employés), 19 p. 100 aux petites entreprises (10 à 49 employés) et 7 p. 100 aux cabinets d'experts-conseils (1 à 9 employés). Par ailleurs, les cabinets

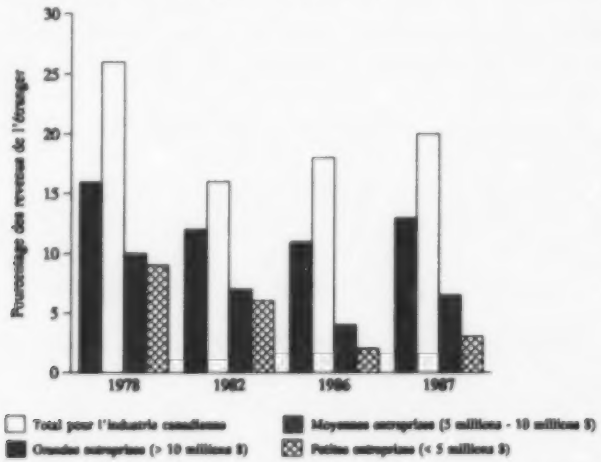
Figure 6. Comparaison des indices de croissance des dépenses d'investissement nationales, des chiffres d'affaires en génie-conseil et de l'emploi, 1982-1988



Source : Analyse des données du catalogue n° 63-537 de Statistique Canada et du profil d'ISTC sur l'industrie du génie-conseil, présentée par Canada Consulting Cresap dans un rapport inédit sur le génie-conseil destiné au Conseil des sciences du Canada.

Nota : Les données sur le revenu et l'emploi proviennent du profil d'ISTC sur l'industrie du génie-conseil et sont semblables à celles de Statistique Canada.

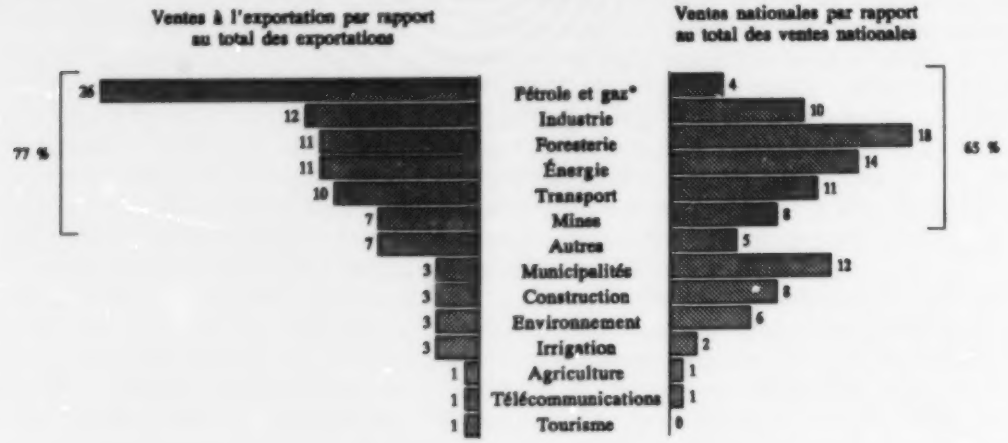
Figure 7. Pourcentage du revenu total des petites, moyennes et grandes entreprises canadiennes de génie-conseil provenant de projets à l'étranger, 1978-1987



Source : Analyse des données du catalogue n° 63-537 de Statistique Canada pour les années 1978, 1982 et 1986, présentée par Canada Consulting Cresap dans un rapport inédit sur le génie-conseil destiné au Conseil des sciences du Canada.

Nota : Les honoraires provenant de l'étranger n'incluent pas les revenus des filiales d'entreprises canadiennes à l'étranger.

Figure 8. Exportations canadiennes et ventes nationales par secteur, 1988



Source : Analyse des données du mini-sondage 1988 d'ISTC sur les exportations, présentée par Canada Consulting Cresap dans un rapport inédit sur le génie-conseil destiné au Conseil des sciences du Canada.

* Le savoir-faire canadien dans l'industrie pétrolière et gazière ne se reflète pas dans les ventes nationales, en raison du niveau relativement faible de dépenses nationales dans ce domaine au cours des dernières années et du fait que nombre des installations appartiennent à des intérêts étrangers.

d'experts-conseils et les petites entreprises effectuaient plus de R-D autonome (10 et 5 p. 100 respectivement) que les grandes et les très grandes entreprises (moins de 1 p. 100).

Sur le marché actuel, la concurrence acharnée et les exigences de clients avertis créent des situations où seules les entreprises qui visent résolument la réduction des coûts de conception et la différenciation des services pourront survivre (pas question de croissance). En fait, en raison de la concurrence que leur livrent les pays à faibles salaires, les entreprises canadiennes devront automatiser la conception et la gestion des projets. À cet égard, un document de réflexion de l'organisme Consulting Engineers of Alberta indique ce qui suit :

> L'industrie canadienne du génie-conseil est solide et diversifiée — certaines de nos entreprises comptent parmi les meilleures et les plus importantes au monde —, mais trop d'entreprises semblent résolues à travailler seules, de façon presque rudimentaire. C'est là une voie rapide vers l'extinction d'une industrie importante sur le plan stratégique[28].

En fait, la plupart des entreprises canadiennes de génie-conseil s'attachent actuellement à adapter les innovations de procédés et à utiliser des outils de conception améliorés. (On trouvera en annexe une définition du cadre d'analyse des stratégies en matière de technologie.) Les cinq études de cas qui suivent reflètent bien les différentes méthodes et les difficultés des entreprises en matière de stratégies technologiques.

Gore and Storrie

En 1989, la société Gore and Storrie[29], chef de file dans le domaine du traitement des eaux usées et de l'eau potable, employait 450 personnes et réalisait des recettes de 30 millions de dollars. Bien que 85 p. 100 de son travail soit lié aux gouvernements provinciaux et municipaux, la société se tourne de plus en plus vers le secteur privé; en effet, au cours des dernières années, la part de ses recettes dans ce secteur est passée de 5 à 15 p. 100.

Dans le cadre de ses activités de R-D, la société utilise généralement des procédés connus qu'elle modifie ou qu'elle applique comme tels à des types précis de déchets. Elle consacre environ 1,5 million de dollars (0,5 p. 100 de ses recettes) à la R-D non financée par le client. Cependant, ces dernières années, la société a dû réduire considérablement ses profits d'exploitation — de 15-20 p. 100 à 5-10 p. 100 — les administrations municipales et autres échelons gouvernementaux privilégiant les bas prix. Cette compression des profits a forcé l'entreprise à diminuer les sommes consacrées à l'achat de biens d'équipement et à la R-D, ralentissant considérablement sa croissance.

Le procédé anaérobie hybride, qui permet d'épurer les eaux usées industrielles et municipales, a permis à Gore and Storrie de réaliser une percée importante dans le domaine du traitement de l'eau et de la récupération d'énergie. La mise au point de ce procédé a nécessité six ans de recherches en laboratoire et d'études à échelle semi-industrielle, financées individuellement ou conjointement par Environnement Canada, le ministère de l'Environnement de l'Ontario, la région de Peel et Gore and Storrie. Bien qu'elle possède un brevet sur ce procédé, la société n'a pu s'assurer l'exclusivité pour sa technologie. Ainsi, dès que la première installation a été terminée, les firmes concurrentes sont venues «désosser» la technologie. Au bout du compte, c'est une autre entreprise qui a construit la deuxième installation.

Fluor

La société Fluor[30], entreprise américaine très présente au Canada, est l'un des plus importants entrepreneurs en ingénierie au monde. Elle ne réalise ici que des projets d'ingénierie industrielle et de pilotage, et ne fait pas affaire avec le gouvernement.

Dans un domaine hautement concurrentiel, Fluor offre des solutions à valeur ajoutée en utilisant des techniques avancées, en mettant au point de nouveaux procédés et en travaillant de concert avec les fournisseurs de machinerie pour trouver des solutions originales. Contrairement à la plupart de ses concurrents, elle s'efforce de s'en tenir à son domaine de spécialisation — c'est-à-dire la conception et la gestion d'importants projets de construction. De même, l'entreprise croit fermement qu'elle n'a pas à mettre au point de procédés ni de produits brevetables; selon ses dirigeants, les sociétés qui privilégient la technologie exclusive risquent de ne pas offrir la meilleure solution possible à un client aux prises avec un problème.

Fluor croit qu'elle peut encore prendre de l'essor et s'en tenir aux services de génie et de construction, en faisant l'acquisition d'entreprises d'ingénierie spécialisées ayant une réputation de chefs de file dans leur industrie. Dans le cadre d'un projet particulièrement ambitieux, l'entreprise a investi des millions de dollars dans la mise au point d'un logiciel de conception en trois dimensions assisté par ordinateur (CAO). En plus de couper de 10 à 15 p. 100 les coûts de construction d'usine, ce logiciel qu'elle a mis au point en Europe permet de réduire les erreurs de conception fréquentes en signalant toute interférence entre deux structures — par exemple, une tubulure de chauffage et une poutrelle. Selon les représentants de l'entreprise, le système diminuera de 80 p. 100 les erreurs attribuables à l'interférence, ce qui permettra de réduire les coûts de construction. Cependant, l'utilisation de ce logiciel augmente les coûts de conception de 3 à 4 p. 100. Fluor doit donc convaincre sa clientèle que ces coûts initiaux supérieurs seront amplement compensés par les économies réalisées au stade de la construction. Fluor construit actuellement le plus important projet de CAO en trois dimensions au monde, à savoir l'usine méthyl-tert-butyléther de Nestlé Oy, à

Edmonton. L'entreprise prévoit que, dans le cadre de ce projet, la conception en trois dimensions permettra d'économiser entre 12 et 15 millions de dollars en coûts de construction.

SNC

SNC[31] est une société dont les recettes de 350 millions de dollars sont réparties presque également entre le génie-conseil et la sous-traitance, d'une part, et la fabrication de produits liés à la défense, d'autre part. Dans le domaine du génie-conseil, ses projets touchent l'énergie hydraulique et thermique, les travaux municipaux et le transport. La société prévoit diversifier ses activités afin de réaliser les économies d'échelle nécessaires pour appuyer un réseau de bureaux dans le monde entier. Elle doit faire face à la redoutable concurrence de très grandes entreprises, comme Fluor et Bechtel, dont le chiffre d'affaires international est dix fois plus élevé que le sien.

SNC vise les marchés naissants dans le but d'en devenir le chef de file une fois qu'ils auront pris de l'essor. L'entreprise repère les travaux de recherche prometteurs dans les technologies de procédés, puis travaille avec les concepteurs du procédé afin de faire progresser la technologie aux phases de production du prototype et de production expérimentale. Les dirigeants de SNC sont d'avis qu'une présence dans diverses industries crée des synergies, et que la diversification réduit les risques.

L'entreprise se consacre surtout au développement plutôt qu'à la recherche et ce, pour trois raisons. D'abord, son expérience en développement de créneaux technologiques joue en sa faveur lors des soumissions visant des projets pilotes; ensuite, son travail en développement lui permet de se tenir au fait des tendances dans divers sous-secteurs; enfin, le développement lui permet d'acquérir chez elle des compétences qu'elle pourra ultérieurement appliquer à la conception d'usines.

Le succès remporté par SNC dans le domaine de la conversion des boues d'épuration en hydrocarbures illustre bien cette stratégie. Ayant constaté l'importance du marché naissant des techniques environnementales «écologiques», la société a décidé de faire breveter des procédés susceptibles d'être commercialisés. Considérant que le procédé de conversion avait beaucoup d'avenir, SNC a obtenu sous licence la technologie du Centre technique des eaux usées d'Environnement Canada, qui l'avait mise au point sous licence allemande. Aidée financièrement par le gouvernement fédéral, SNC a pris trois ans à mettre au point la technologie, et deux autres années à en démontrer la viabilité. La société, qui construit actuellement une usine dans le Grand Toronto, a fait breveter le procédé. Le marché potentiel pour le procédé de conversion des boues d'épuration en hydrocarbures est actuellement évalué à 600 millions de dollars au Canada et à six milliards de dollars aux États-Unis. Le projet illustre bien comment une entreprise peut utiliser la technologie des procédés pour se distinguer et briser le cycle des soumissions à bas prix.

En 1991, SNC prévoit absorber tous les éléments de la société Lavalin, une autre grande entreprise canadienne de génie-conseil. Lavalin est aux prises avec d'importants problèmes d'encaisse liés à des investissements qui ne touchent pas l'ingénierie et à la lenteur à payer de quelques clients étrangers. Grâce à sa vaste gamme d'activités et à son importante capacité multidisciplinaire, cette nouvelle association pourrait représenter un concurrent de taille sur le marché mondial. Cette fusion est importante, puisqu'elle permettra de maintenir, voire d'améliorer, la capacité d'ingénierie intégrée au Canada.

Monenco

Monenco[32], une société ouverte, est un chef de file dans les technologies liées à l'énergie, aux industries de procédés, à l'infrastructure, aux systèmes et à l'environnement. Depuis son entrée parmi les entreprises internationales de génie-conseil, Monenco a étendu ses services aux secteurs suivants : systèmes informatiques, gestion des déchets, gestion de grands projets, adjudication de marchés de construction et pilotage.

L'entreprise a acquis de l'expérience dans certains marchés naissants, en travaillant en partenariat à des projets de développement technologique. Elle a également mis au point des technologies exclusives qui font appel à sa compétence en logiciels, en conception et en gestion de projets, de même qu'à son expérience industrielle, afin d'élaborer des solutions uniques à des problèmes complexes liés aux systèmes et à la gestion matérielle.

Ce sont les ministères et les grandes entreprises qui achètent les systèmes de gestion de projets mis au point par Monenco. En outre, l'entreprise a créé des logiciels personnalisés qui réduisent le temps nécessaire au traitement des dossiers de grosses bases de données; la première application de ce logiciel a été un système de planification des besoins en matières et d'acquisition permettant aux fabricants de réduire la fréquence des mises à jour. Monenco a également mis au point, pour le marché de la cartographie automatisée et de la gestion des installations, des logiciels qui regroupent les dossiers graphiques et numériques, un projet qui a connu du succès aux États-Unis.

Monenco continuera de miser sur les nouvelles technologies. L'entreprise veut devenir un chef de file mondial dans les secteurs technologiques liés à l'ingénierie, à la construction, à l'élaboration et à la gestion de projets, aux systèmes informatiques et à l'environnement.

Associated Engineering

La société Associated Engineering[33] est à l'avant-garde dans le domaine du traitement de l'eau potable et des eaux usées dans l'Ouest canadien, où elle détient entre 25 et 30 p. 100 du marché. Elle réalise environ les trois quarts de ses projets en Colombie-Britannique, en Alberta et en Saskatchewan, bien qu'elle soit également présente en Ontario et sur le marché international. Elle fait surtout affaire avec les administrations municipales, qui privilégient souvent les solutions éprouvées, à bas prix.

À l'issue d'une étude de ses activités réalisée il y a deux ans, Associated Engineering a conclu que sa taille, son domaine de compétence, sa réputation auprès des municipalités et sa culture assez conservatrice venaient appuyer son image de société d'ingénierie «pure». Les dirigeants ont toutefois reconnu que l'entreprise devait retenir et exploiter les nombreuses idées novatrices de ses ingénieurs au lieu de les ignorer en raison de son orientation. En conséquence, Associated Engineering a mis sur pied des entreprises indépendantes œuvrant dans des domaines tels les logiciels, les mines et l'éthanol-carburant en vue de mettre au point des techniques susceptibles d'être commercialisées. Jusqu'à présent, cinq jeunes entreprises ont été mises sur pied, et cinq autres sont en voie de l'être. Chaque entreprise est gérée de façon indépendante, et fait généralement appel à une participation extérieure au capital. Certaines font beaucoup de R-D, l'une d'entre elles y consacrant environ 400 000 $ par année.

À long terme, Associated Engineering veut se concentrer sur la consultation, tout en cherchant à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise des technologies innovatrices commercialisables. Sa croissance sera financée à l'interne et par l'émission d'actions, surtout parce que les sociétés financières d'innovation sont peu disposées à entreprendre des projets faisant appel à une technologie non éprouvée.

Débouchés et stratégies de croissance dans le secteur canadien du génie-conseil

Les forces du secteur canadien du génie-conseil résident dans les domaines de l'énergie électrique, des mines, de la foresterie, du transport et des services municipaux. En outre, les compétences canadiennes sont probablement sans égales au monde lorsqu'il s'agit d'élaborer des projets d'investissement dans des endroits éloignés au climat rigoureux. Le fait que les entreprises ont la réputation d'offrir des conseils professionnels indépendants, de même que des services de gestion de projets et un accès à la technologie nord-américaine, constitue probablement la principale force du secteur. De plus, les entreprises québécoises ont un avantage naturel dans les pays francophones.

Cependant, le secteur de la fabrication présente des lacunes. Les entreprises canadiennes de génie-conseil n'ont pas eu beaucoup d'occasions de cultiver leur savoir-faire dans les domaines des usines, de la robotique, des ateliers flexibles et d'autres techniques de fabrication de pointe. En améliorant ses capacités dans ces domaines, le secteur serait plus concurrentiel sur les marchés des pays développés et pourrait mieux compenser l'impact de la concurrence éventuelle des importateurs sur le marché canadien.

Débouchés et stratégies

Les entreprises canadiennes de génie-conseil doivent cerner les nouvelles possibilités de se distinguer de leurs concurrents au Canada et à l'étranger. Elles doivent notamment élaborer des stratégies plus dynamiques qui leur permettront de se tailler une place dans les marchés en croissance plutôt que de se contenter des projets d'investissement traditionnels. Mais pour être concurrentielles, elles ne peuvent se fier uniquement à la technologie de pointe. À mesure que de plus en plus d'entreprises canadiennes et étrangères acquièrent le savoir-faire et l'expérience nécessaires pour entreprendre des projets, les clients se tournent davantage vers d'autres facteurs tels que la rapidité et les coûts.

Bien qu'essentiel, le savoir-faire technologique seul n'est pas suffisant pour assurer le succès d'une entreprise moderne de génie-conseil. Étant donné la structure du secteur et la préférence toujours marquée pour les contrats portant uniquement sur la conception, une entreprise axée exclusivement sur la technologie ne peut s'attendre à profiter pleinement des avantages de ses capacités supérieures en matière de conception. En fait, les dessins qui ne font que réduire les coûts de construction, les coûts du projet dans son ensemble ou les coûts d'exploitation n'offrent aucun avantage aux entreprises axées uniquement sur la conception, à moins qu'elles ne puissent quantifier les avantages de leurs concepts, ce qui est assez difficile. En outre, il est facile pour les concurrents de copier la plupart des améliorations qu'elles apportent.

De plus, en raison de l'importance de certains facteurs hors du contrôle des entreprises individuelles, par exemple l'accessibilité au financement gouvernemental, un léger avantage sur le plan du savoir-faire technologique ne suffira pas à faire pencher la balance en faveur d'une entreprise.

Le secteur canadien du génie-conseil a récemment présenté une possibilité intéressante : le concept de «l'industrie de services nécessaires»[34]. Selon ce concept, le secteur du génie-conseil est à la fois un innovateur technologique potentiel et un agent de diffusion de la technologie, tout comme la micro-électronique et la biotechnologie sont devenues des «technologies nécessaires». En d'autres termes, dans une économie avancée, les entreprises se tournent vers les technologies nécessaires afin d'élaborer de bonnes stratégies de marché à partir de technologies de pointe, sans pour autant sacrifier, par la surspécialisation, la latitude technologique qui assure la mise au point rapide de nouveaux produits destinés à des marchés de croissance prometteurs. Le concept d'«industrie de services

nécessaires» pourrait être attrayant au Canada, mais il exige une base de compétence beaucoup plus vaste que celle des entreprises canadiennes contemporaines.

Stratégies de différenciation

Pour obtenir des avantages durables vis-à-vis de la compétition, les maisons de génie-conseil canadiennes doivent tirer parti des possibilités de différencier leurs produits et services. Et ces possibilités sont réelles.

Par exemple, elles peuvent offrir des avantages précis à leurs clients en élaborant des produits, des procédés ou des systèmes exclusifs qui améliorent la qualité ou réduisent les coûts de conception, de construction ou d'exploitation d'une installation. Prenons l'exemple du logiciel sur mesure conçu par Monenco dans le cadre de son système de CDAO pour dessiner et mettre à jour le câblage dans les centraux téléphoniques; il a permis à la société, non seulement de concevoir des installations à plus bas prix que ses concurrents, mais aussi de réduire les coûts d'entretien pour le client. Comme les entreprises concurrentes auraient dû investir énormément pour créer un système semblable, ce logiciel innovateur a créé une entrave à leur entrée sur le marché, ce qui représentait pour Monenco un avantage durable.

En outre, les innovations d'une entreprise sont plus avantageuses lorsqu'elles peuvent être intégrées dans un progiciel ou un produit, au lieu de s'ajouter simplement à son bagage de savoir-faire technologique. Le logiciel ou le produit pouvant alors être fabriqués en série, il est plus facile de protéger l'idée face à la compétition.

Possibilités du marché

Il existe des possibilités à explorer dans plusieurs sous-secteurs industriels dans lesquels les firmes de génie-conseil canadiennes disposent déjà d'un avantage par rapport à la compétition étrangère, notamment l'environnement, l'hydro-électricité, le pétrole et le gaz ainsi que la foresterie.

Les préoccupations croissantes face à l'environnement offrent aux ingénieurs-conseils canadiens une excellente occasion de développer le savoir-faire de pointe nécessaire et par conséquent, une base solide pour s'établir sur les marchés étrangers. Il pourrait s'agir, par exemple, de projets touchant le traitement des eaux usées, le recyclage (en circuit fermé) et la production combinée de chaleur et d'électricité dans le secteur des pâtes et papiers; le nettoyage des déversements de pétrole, le recyclage et l'élimination des déchets dans les industries pétrolière et pétrochimique; l'élimination des résidus d'extraction dans l'industrie minière; et les installations d'épuration des eaux d'égout en climat froid, de façon générale.

De nos jours, le génie-conseil environnemental englobe plus que les services habituels de planification et d'évaluation environnementale, ainsi que de gestion des déchets. En effet, la protection de l'environnement est un facteur clé dans la conception de nombreuses nouvelles installations industrielles et municipales. Par exemple, la conception d'usines de pâtes est sujette à de nouvelles contraintes découlant des restrictions gouvernementales et des études d'impact environnemental. Ainsi, les ingénieurs-conseils doivent collaborer avec les propriétaires et les fournisseurs de machinerie pour élaborer de meilleurs procédés, de même que des systèmes en circuit fermé qui recyclent les eaux résiduaires plutôt que de les rejeter dans l'environnement.

L'énergie hydro-électrique est un autre secteur prometteur pour les firmes de génie canadiennes. Les nombreuses installations hydro-électriques d'importance construites au pays ont aidé les ingénieurs canadiens à acquérir suffisamment d'expérience et d'envergure pour s'imposer mondialement sur le plan de la technique et de la gestion de projets. Les exigences de clients comme Hydro-Québec et Ontario Hydro en matière de services de génie de pointe n'ont pas seulement poussé les firmes canadiennes de génie-conseil à développer un savoir-faire considérable dans ce domaine, mais elles les ont aussi aidées à comprendre les besoins des clients.

L'industrie hydro-électrique canadienne est soutenue par plusieurs fournisseurs très sophistiqués tels que General Electric Canada, un fabricant de turbines connu dans le monde entier. Par leur seule présence, ces entreprises aident les ingénieurs-conseils canadiens à se tenir au fait des dernières innovations et à collaborer étroitement avec les fournisseurs à la conception de meilleurs produits.

L'industrie pétrolière et gazière représente un troisième secteur offrant des possibilités pour les entreprises canadiennes de génie-conseil. Bien que plusieurs grandes firmes américaines leur opposent une vive concurrence, plusieurs grandes sociétés de génie-conseil canadiens œuvrant dans ce secteur (par exemple, Monenco) possèdent le savoir-faire technique, de même que l'expérience financière et opérationnelle nécessaires pour gérer de grands projets. Ces sociétés canadiennes sont appuyées par des programmes de recherche universitaire, des sociétés pétrolières et des laboratoires gouvernementaux — qui constituent tous une base permettant d'élaborer constamment de nouveaux procédés. Dans un récent rapport sur le secteur du pétrole et du gaz préparé pour le Conseil des sciences, on affirme que les services de génie à contrat présentent d'importantes possibilités de croissance pour le Canada[35]. (*Voir* la série «Stratégies sectorielles en matière de technologie» du Conseil des sciences du Canada, n° 5 — *Le pétrole et le gaz naturel au Canada.*)

En outre, des entreprises canadiennes ont conçu des installations destinées à traiter les réserves domestiques importantes, mais non traditionnelles, de pétrole brut, de sables bitumineux et de gaz sulfureux. À mesure que la technologie continuera d'évoluer, nous aurons l'occasion d'appliquer la technologie canadienne à des réserves semblables en d'autres pays. De plus, à mesure que s'épuisent les ressources facilement accessibles de pétrole et de gaz, l'industrie se tourne de plus en plus vers des techniques qui minimisent les coûts de production — ce qui, en retour, nécessitera l'automatisation des installations et le développement de procédés plus efficaces.

Le sous-secteur forestier représente un quatrième domaine rempli de promesses pour les firmes canadiennes. Il n'y a qu'une poignée de sociétés-conseils de calibre international dans ce domaine, et la firme canadienne H.A. Simons compte parmi les meilleures. De fait, H.A. Simons possède l'envergure nécessaire pour mener à terme de grands projets, tels qu'une usine de pâtes et papiers de 300 millions de dollars. Heureusement, les firmes canadiennes spécialisées en foresterie sont également appuyées par de grands organismes de recherche tels que Forintek et Paprican, qui génèrent constamment de nouvelles idées pour améliorer les installations et les procédés.

Actuellement, il existe au Canada un important marché pour la conception de scieries et d'usines de pâtes et papiers. Cependant, en raison de la montée des coûts de main-d'œuvre et des droits de coupe, les coûts commencent à atteindre des niveaux qui exigent que les firmes canadiennes trouvent des solutions techniques innovatrices pour demeurer rentables. Pour relever ces défis, on s'attend à ce que le secteur de la foresterie continue de soutenir un grand bassin d'experts canadiens qui seront en mesure de tirer parti des occasions sur la scène internationale.

Il est évident que les entreprises canadiennes doivent se tenir à la fine pointe en matière de savoir-faire technologique. Mais elles doivent également tirer le meilleur parti des limites de l'économie canadienne; en évitant de s'associer à des producteurs nationaux, elles pourront se présenter sur les marchés internationaux comme des conseillers neutres. Cette stratégie est toutefois difficile à mettre en œuvre; généralement, l'absence d'une base de fournisseurs nationaux tend à limiter la crédibilité du savoir-faire technique canadien.

Politiques gouvernementales

En encourageant l'innovation, les investissements dans la technologie, les entreprises conjointes internationales et la diversification, les gouvernements de tous les paliers peuvent continuer d'aider les

firmes de génie-conseil à devenir plus concurrentielles. Notamment, les gouvernements peuvent favoriser l'innovation technologique par le biais de politiques d'approvisionnement et d'impartition.

En tant que bénéficiaires de 50 p. 100 des services de génie-conseil rendus au Canada, les gouvernements peuvent structurer l'approvisionnement de façon à maximiser les profits des firmes canadiennes et à promouvoir l'innovation. Il faudrait cependant mettre l'accent sur des politiques d'approvisionnement stratégiques plutôt que sur les politiques habituelles à teneur locale. En général, les politiques d'approvisionnement à teneur locale favorisent les fabricants ou les fournisseurs de services régionaux en ajoutant des coûts de pénalisation aux offres de sociétés de l'extérieur ou en les excluant tout simplement de l'appel d'offres. Par ailleurs, les politiques d'approvisionnement stratégiques encouragent les fournisseurs locaux à devenir plus concurrentiels en les aidant à développer et à tester de nouveaux produits et procédés, à réduire les coûts et à élargir et enrichir leur expérience. En génie-conseil, par exemple l'aide gouvernementale aux technologies nouvelles, aux usines pilotes et aux nouvelles installations commerciales peut aider les firmes à acquérir le savoir-faire nécessaire pour obtenir des contrats internationaux et engendrer des revenus d'exportation.

Sur le plan de l'impartition, le gouvernement fédéral finance un grand nombre de projets internationaux par le biais d'organismes tels que l'ACDI, la SEE et le Programme de développement des marchés d'exportation. Toute volonté d'équité dans l'adjudication de ces contrats internationaux, par exemple en répartissant les fonds entre les entreprises, ne pourrait que nuire à la compétitivité du secteur canadien du génie-conseil. Le gouvernement stimule également la compétitivité internationale des entreprises canadiennes en impartissant des services qui sont actuellement rendus à l'interne.

Stratégies d'entreprises canadiennes

Bon nombre de moyennes et grandes entreprises canadiennes en dehors du secteur du génie-conseil développent et cultivent leurs propres compétences techniques. L'existence de tels services internes est fondée sur la nécessité de respecter des normes de rendement très élevées, d'assurer que la construction est terminée à temps et de disposer d'un savoir-faire maison une fois l'installation en exploitation. En outre, les entreprises s'assurent ainsi de conserver l'expertise et les connaissances accumulées, plutôt que de les voir mises à la disposition de la concurrence — une considération à laquelle plusieurs entreprises accordent beaucoup de poids. Mais l'expansion des services internes de génie a également pour conséquence que les firmes externes de génie-conseil perdent ces occasions de développer le savoir-faire en conception, en gestion de projets et en pilotage nécessaire pour viser les grands projets internationaux.

La solution de remplacement consiste à miser sur l'approvisionnement stratégique et l'impartition. Hydro-Québec, par exemple, l'a fait dans le cadre de nombre de grands projets, ce qui a aidé à lancer plusieurs firmes de génie-conseil d'envergure internationale telles que Lavalin, SNC et Monenco. La même philosophie peut s'appliquer à certains organismes de recherche provinciaux, notamment ORTECH de l'Ontario et B.C. Research. Si les entreprises canadiennes pouvaient transformer une plus grande part de leurs installations internes de génie en sociétés ou filiales distinctes, il serait alors possible de développer des compétences semblables dans des domaines tels que la mise en valeur des ressources pétrolières et gazières, la prospection géophysique et même la fabrication d'automobiles et de pièces automobiles. À long terme, il est possible que les sociétés canadiennes se rendent compte que cette méthode, en rehaussant l'ensemble du savoir-faire technique à leur disposition, renforce leurs propres capacités et leur rentabilité. Il vaudrait certainement la peine que certaines firmes étudient la faisabilité d'une telle approche.

Conclusion

Pour l'instant, le secteur canadien du génie-conseil est prisonnier des horizons de sa clientèle. En effet, le secteur ne peut développer son savoir-faire que dans la mesure où ses clients sont capables de percevoir leurs besoins actuels.

Les entreprises canadiennes de génie-conseil doivent chercher à obtenir les capacités et les compétences qui leur permettront d'élargir et d'améliorer leurs produits, leurs procédés et leurs services. Elles se ferment des portes en se contentant de répondre aux besoins de leurs clients. Elles doivent donc mettre en œuvre une approche plus dynamique afin de trouver des débouchés pour elles-mêmes et pour ces clients.

Annexe — Cadre d'analyse des stratégies en matière de technologie

Dans le cadre de la méthode d'analyse de chaque secteur, le Conseil des sciences du Canada a cherché, dans la mesure du possible, à évaluer les stratégies des entreprises en matière de technologie conformément au schéma suivant :

produit			
procédé			
	adoption et adaptation	innovation	percée

Catégories de stratégies

Adoption et adaptation : Acquérir une technologie et l'adapter afin de s'en servir pour soutenir la concurrence.

Innovation : Améliorer progressivement la technologie gagnante afin d'obtenir une plus grande part du marché ou de conserver son avantage concurrentiel.

Percée : Chercher à créer une discontinuité sur le marché et, par ce moyen, devancer les concurrents.

Les études de cas d'entreprises ont généralement porté sur au moins sept paramètres clés qui influent sur la stratégie d'une entreprise en matière de technologie :

- trois paramètres internes :
  - la position concurrentielle,
  - la capacité d'innover,
  - la stratégie et la vision;
- quatre paramètres externes :
  - les demandes du client,
  - la rivalité concurrentielle,
  - les conditions d'approvisionnement,
  - la technologie disponible.

La méthode prévoyait aussi essentiellement un processus en trois étapes pour chaque secteur. Dans la première étape, un ou plusieurs entrepreneurs ont analysé les éléments principaux de la compétitivité et de la performance en matière de R-D du secteur canadien et de ses principaux concurrents étrangers. La deuxième étape comprenait l'évaluation du ou des rapports préparés à contrat, la discussion avec les entrepreneurs et autres experts, une recherche maison supplémentaire et la préparation d'une ébauche de rapport du Conseil. Au cours de la troisième étape, des spécialistes de

l'extérieur ont formulé des observations sur l'une ou sur plusieurs des ébauches du rapport du Conseil, qui ont alors été révisées et raffinées au besoin, à la suggestion de la personne ressource de ce secteur au sein du comité chargé du projet (*voir* les remerciements). Pour certains secteurs, la troisième étape comptait aussi la participation de plusieurs spécialistes de l'extérieur dans le cadre d'un petit atelier de travail, dont une partie a permis de définir certains éléments d'un plan d'action possible pour le secteur. Le rapport a ensuite été soumis pour approbation finale au Comité de direction du Conseil des sciences, avant d'être envoyé à Industrie, Sciences et Technologie Canada.

Notes

1. Industrie, Sciences et Technologie Canada, *Consulting Engineering Industry Profile*, Ottawa, 1988, p. 3.

2. Roger Verreault et Mario Polese, *The Export of Services by Canadian Engineering Consulting Firms*, Ottawa, Institut de recherches politiques, mars 1989, p. 28.

3. *Ibid.*

4. Canada Consulting Cresap, *Consulting Engineering*, rapport inédit préparé pour le Conseil des sciences du Canada, mars 1991, p. 13.

5. ENR, *Designers Seek the Global Edge*, rapport spécial, New York, McGraw-Hill, août 1990, p. 46.

6. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, p. 16.

7. *Ibid.*, p. 87.

8. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, p. 16.

9. *Ibid.*, p. 16.

10. *Ibid.*, p. 97.

11. *Ibid.*, p. 15.

12. *Ibid.*, p. 83.

13. *Ibid.*

14. *Ibid.*, p. 89.

15. *Ibid.*, p. 90.

16. *Ibid.*, p. 32.

17. Verreault et Polese, *op. cit.*, p. 31.

18. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, p. 36.

19. *Ibid.*, p. 31.

20. *Ibid.*, p. 31.

21. ENR, *op. cit.*, p. 48.

22. Canada Consulting Cresap, *op. cit.*, p. 17.

23. *Ibid.*, p. 86.

24. *Ibid.*, p. 18.

25. *Ibid.*, p. 85.

26. *Ibid.*, p. 19.

27. *Ibid.*

28. Scott Tiffin, *A Program for Policy Action on Consulting Engineering*, document de réflexion préparé pour Consulting Engineers of Alberta, Old Chelsea, Québec, SocioTECH Inc., novembre 1989, pp. 1-2.

29. Canada Consulting Cresap.

30. Canada Consulting Cresap.

31. Canada Consulting Cresap.

32. Monenco, communication personnelle au Conseil des sciences du Canada.

33. Canada Consulting Cresap.

34. Bill Eadie, président, Consulting Engineers of Alberta, communication personnelle.

35. Purvin and Gertz, Inc., *Sectoral Innovation Strategy for the Oil and Gas Industry*, rapport préparé pour le Conseil des sciences du Canada, Calgary, février 1991.